ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MOVILIDAD URBANA DE LA ZONA METROPOLITANA DEL ESTADO DE PUEBLA (PMUPU)

SECRETARIA DE MOVILIDAD

Y TRANSPORTE

Informe Final del Plan de Movilidad Urbana de la Zona Metropolitana del Estado de Puebla (PMUPU)

C O N T E N I D O

1 INTRODUCCIÓN 6

2 OBJETIVOS Y ALCANCES 7

2.1 OBJETIVO GENERAL 7
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 7
2.3 ÁMBITO DEL ESTUDIO 8
2.4 FASES DEL DESARROLLO DEL PMUPU 9

3 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN (INVENTARIO Y ACOPIO DE INFORMACIÓN)) 11

3.1 OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DOCUMENTAL 11
3.1.1 Cartografía Básica actual 11
3.1.2 Información documental sobre tránsito y transporte 11
3.1.3 Información documental sobre desarrollo urbano 12
3.2 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS 13
3.3 VARIABLES QUE DEFINEN PERFILES DE USUARIOS Y NO USUARIOS EN ZONA DE ESTUDIO 13
3.3.1 Viviendas 14
3.3.2 Población 18
3.3.3 Educación 20
3.3.4 Población económicamente activa 23
3.3.5 Segmentación de la población en perfiles 28
3.3.6 Actividades que originan necesidades de viaje 32
3.4 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE CAMPO SOBRE LA MOVILIDAD URBANA 33
3.4.1 Planeación de estudios de campo 33
3.4.1.1 Recorrido de reconocimiento 33
3.4.1.2 Selección y capacitación del personal de campo 34
3.4.1.3 Programa de seguridad 34
3.4.1.4 Tecnología utilizada 34
3.4.2 Componente de desplazamientos motorizados y no motorizados 35
3.4.2.1 Encuesta Origen Destino 35
3.4.3 Componente de vialidad y tránsito 41
3.4.3.1 Inventario Físico Vial 41
3.4.3.2 Inventario de Tránsito 43
- Levantamiento físico de intersecciones 51
- Levantamiento de control semafórico 51
- Análisis de capacidad y niveles de servicio 51

3.4.4 Componente de transporte público 59
3.4.4.1 Oferta de transporte público 59
3.4.4.2 Demanda de transporte público 69
3.5 PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS DE CAMPO 76
3.5.1 Movilidad Urbana 77
3.5.1.1 Encuesta Origen-Destino a bordo de unidades de transporte público 77
3.5.1.2 Mapeo de la movilidad 77
3.5.2 Vialidad y tránsito 77
3.5.2.1 Variación diaria del tránsito 77

3.5.2.2 Períodos típicos del tránsito 77
3.5.2.3 Velocidades y demoras en las principales vialidades 77
3.5.2.4 Caracterización de las principales intersecciones 78
3.5.2.5 Capacidad y nivel de servicio en las intersecciones 78
3.5.3 Transporte público 78
3.5.3.1 Variación de la demanda a lo largo del día 78
3.5.3.2 Pasajeros movilizados por ruta 78
3.5.3.3 Nivel de servicio de las rutas 78
3.5.3.4 Indicadores y desempeño del sistema 78
3.6 INVENTARIO Y ACOPIO DE INFORMACIÓN 78
DETERMINACIÓN Y PRONÓSTICO DE LA DEMANDA DE VIAJES. 80

4 DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS 83
4.1 EVALUACIÓN TÉCNICA – MODELO DE TRANSPORTE 83

5 DEFINICIÓN DEL PLAN DE MOVILIDAD URBANA DE PUEBLA (PMUPU) 84
5.1 PLAN DE MOVILIDAD URBANA DE LA ZONA METROPOLITANA DE PUEBLA 84
5.1.1 Plan de Movilidad 84
5.1.2 Diseño Operacional del Tránsito y del Sistema de Semáforos 85
5.1.3 Diseños conceptuales de ampliación de vialidades existentes, nuevas vialidades e intersecciones viales 85
5.1.4 Red de Ciclo-pistas 85
5.1.5 Interconexión con las Rutas Suburbanas 86
5.1.6 Estacionamientos 86
5.2 SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO PROPUESTO POR EL PLAN 86
5.2.1 Diseño Operacional del Transporte Público 87

6 VIALIDAD Y TRÁNSITO 88
6.1 INVENTARIO VIAL 88
6.1.1 Secciones viales 89
6.2 INVENTARIO DE TRÁNSITO 92
6.2.1 Análisis de estaciones maestras 92
6.2.1.1 Automáticas 92
6.2.1.2 Conteos Manuales 97
6.2.1.3 Ciclistas 102
6.2.2 Análisis de intersecciones 106
6.2.2.1 Levantamiento físico 108
6.2.2.2 Levantamiento operacional 109
6.2.2.3 Análisis de capacidad y niveles de servicio 110
6.2.3 Análisis de velocidades 114
6.2.4 Análisis de aforos peatonales 117
6.2.5 Análisis de ocupación vehicular 119
6.2.6 Estacionamientos 120
6.2.6.1 Oferta en vía pública 122
6.2.6.2 Demanda de estacionamiento en vía pública 124
6.2.6.3 Oferta de estacionamiento fuera de la vía pública (lotes) 126

7 TRANSPORTE PÚBLICO 128

7.1 OFERTA DE TRANSPORTE PÚBLICO 128
7.1.1 Estudios realizados para caracterizar la oferta 128
7.1.1.1 Inventario de derroteros 128
7.1.1.2 Despachos en terminales 129
7.1.2 Rutas de transporte público 129
7.1.3 Velocidad de operación 140
7.1.4 Frecuencia del servicio 147
7.2 DEMANDA DE TRANSPORTE PÚBLICO 148
7.2.1 Estudios realizados para caracterizar la demanda 149
7.2.1.1 Estudios de Frecuencia - Ocupación 149
7.2.1.2 Estudios de Ascenso – Descenso 154
7.2.1.3 Encuesta Origen – Destino 156
7.2.2 Demanda movilizada en las rutas 167
7.2.3 Puntos de parada 170
7.2.4 Cobertura Geográfica y Zonificación 175
7.2.5 Líneas de deseo 178
7.2.5.1 Encuesta Origen Destino a bordo de unidades de transporte público 178
7.2.5.2 Encuesta origen-destino para ciclistas 187
7.3 RELACIÓN OFERTA – DEMANDA 191
7.3.1 IPK 192
7.3.2 Índice de rotación 192
7.3.3 Ocupación de las unidades 193
7.3.4 Nivel de servicio 193
7.4 CALIBRACIÓN DEL MODELO DE USOS DEL SUELO Y TRANSPORTE 199
7.4.1 Descripción del Sistema de Modelos Tranus 199
7.4.2 Objetivo y rango de aplicaciones 199
7.5 RESULTADOS ESCENARIO BASE 202

8 CONCLUSIONES DIAGNÓSTICO 206

8.1 VIALIDAD Y TRÁNSITO 206
8.2 TRANSPORTE PÚBLICO 207
8.2.1 Oferta de transporte 207
8.2.2 Demanda de transporte 207
8.2.3 Relación oferta – demanda 208
8.3 SISTEMA URBANO 209
8.3.1 Propuesta de un sistema de transporte público por cable – teleférico 209
8.3.1.1 Escenario conservador 212
8.3.1.2 Escenario optimista 212

9 PLAN DE INFRAESTRUCTURA CICLISTA 214

9.1 CICLOVÍAS ACTUALES 214
9.2 PROPUESTA DE CICLOVÍAS PARA LOS PRÓXIMOS 4 AÑOS – CORTO Y MEDIANO PLAZO 215
9.2.1 Conexión Ciclista Paseo Bravo – Universidad de las Américas de Puebla (UAP) 216
9.2.2 Infraestructura Ciclista en 11 Sur 220
9.2.3 Av. 16 de septiembre 224

9.2.4 Av. Municipio Libre 226
9.2.5 24 Sur 227

10 PLAN DE TRANSPORTE PÚBLICO INDIVIDUAL 230

10.1 PADRÓN DE VEHÍCULOS PARA EL TRANSPORTE INDIVIDUAL - TAXIS 230
10.1.1 Padrón de vehículos de taxi convencional 230
10.1.2 Padrón de vehículos de taxi ejecutivo 233
10.2 PRONÓSTICO DE DEMANDA DEL SERVICIO DE TAXI 235
10.2.1 Simulación de la demanda de taxis 237
10.3 ESTRATEGIA PARA LA SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL SERVICIO 238

11 OPTIMIZACIÓN DE LA COBERTURA DE RUTAS 250

11.1 ANÁLISIS DE LA NECESIDAD DE NUEVAS RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO 251

1 INTRODUCCIÓN

El Gobierno del Estado de Puebla está considerando continuar desarrollando el sistema de transporte en Puebla para que sea compatible con el espacio urbano, que contribuya a la protección del medio ambiente y que favorezca el mejoramiento de la movilidad urbana.

Por esa razón, las autoridades estatales han propuesto como punto de partida la elaboración del Plan de Movilidad Urbana de la Zona Metropolitana del Estado de Puebla (PMUPU) que determinará los elementos requeridos para las políticas y proyectos que regirán el futuro de la movilidad. El PMUPU considerará las acciones tendientes a la continuidad de la modernización del sistema de transporte metropolitano, incluyendo desde mejoras en los servicios de transporte público y de la red vial, hasta la implantación de nuevos corredores de transporte público masivo que sirvan como elemento estructurador del desarrollo urbano.

El PMUPU es la respuesta del Gobierno Estatal a la problemática de transporte que experimenta la zona metropolitana de Puebla y que se caracteriza por el aumento de la población, el crecimiento desproporcionado de la mancha urbana y de la motorización, problemas que se traducen en el aumento del uso de vehículos privados y motos, en detrimento de los servicios de transporte público. Los impactos que la problemática del transporte tiene sobre la sociedad se traducen en pérdidas de horas-hombre, altos índices de contaminación y deterioro en el nivel de vida.

2 OBJETIVOS Y ALCANCES

2.1 OBJETIVO GENERAL

Se requiere el servicio para la elaboración de un Plan de Movilidad Urbana de la Zona Metropolitana del Estado de Puebla (PMUPU), que servirá como guía en la implementación de actuaciones que tienen como objetivo la implantación de un sistema de movilidad sostenible (caminar, bicicleta y transporte público), integrado al desarrollo urbano sustentable en la Zona Metropolitana de Puebla (ZMPU). El sistema de movilidad será compatible con el crecimiento económico, la cohesión social y la defensa del medio ambiente, garantizando, de esta forma, una mejor calidad de vida para los ciudadanos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un diagnóstico de las condiciones actuales de la movilidad, considerando los siguientes aspectos: planificación y desarrollo urbano, infraestructura vial, tránsito vehicular, transporte público de pasajeros y movilidad activa.
- Contar con elementos que permitan cuantificar con detalle la demanda actual por tramo de cada corredor en la zona de estudio, para que se puedan evaluar los impactos específicos.
- Incentivar el uso del transporte público y los sistemas de movilidad activa, ofreciendo una mejor calidad del servicio y seguridad a los usuarios.
- Elaborar el diseño conceptual de propuestas de corredores, resolviendo con precisión y rigurosidad los temas de diseño físico y operacional de los mismos, de manera que las futuras fases de análisis de los proyectos no requieran replantear la forma en que estos operarán para la adecuada articulación de estos y con los futuros corredores de transporte masivo.
- Elaborar el diseño conceptual de la infraestructura de transporte en el sistema: carriles exclusivos, estaciones de transferencia, terminales, y demás elementos necesarios para la operación de un corredor de transporte.
- Desarrollar el diseño funcional de los elementos fundamentales del sistema, considerando los tipos de servicio, los diseños de trayectorias de rutas, la localización y diseño interno y externo de terminales y estaciones. Se debe considerar como criterios fundamentales la integración con otros modos de transporte, particularmente los modos activos.
- Desarrollar el diseño operacional de un corredor y sus servicios alimentadores, así como el diseño operacional del tránsito, para garantizar los mejores niveles de servicio posibles en los carriles de tránsito mixto.

- Plantear las adecuaciones viales generales necesarias para mejorar la fluidez del transporte en los principales corredores.
- Definir los indicadores de nivel de servicio, seguridad, comodidad y capacidad, minimizando los transbordos, tiempos de espera, tarifa acorde al servicio que se preste, y la calidad en el intercambio de modos de transporte.
- Elaborar un plan que defina tiempos mínimos de implantación, retomando la experiencia vertida en este proceso, desarrollando estrategias y acciones que representen las necesidades reales de la ciudad y su concepción cultural para beneficio de los usuarios.
- Racionalizar el uso de la infraestructura vial existente, propiciando la descongestión de la zona centro; así como mejorar las condiciones de operación de las vialidades que conforman los corredores.
- Fortalecer y caracterizar los ejes estructuradores de transporte masivo, que permitan a la ciudad el escalonamiento a la continuidad del sistema de la Red Urbana de Transporte Articulado - RUTA, para que den respuesta a altas demandas de transporte público.

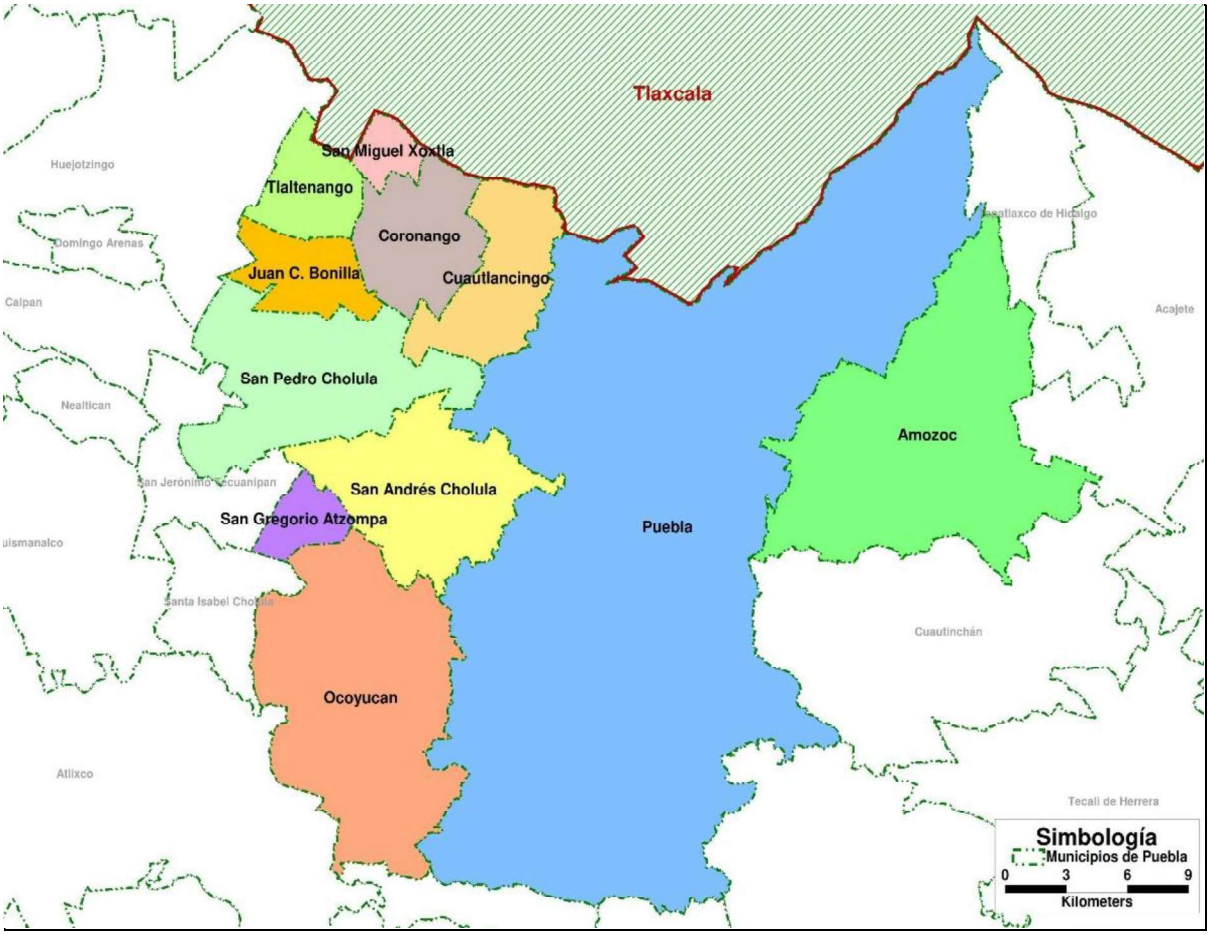
2.3 ÁMBITO DEL ESTUDIO

El Estudio se centrará en el análisis de la movilidad en la Zona Metropolitana de la Ciudad de Puebla (ZMPU), que abarca los municipios conurbados. El énfasis está en el sistema de transporte público, como eje estructurador de la movilidad y del desarrollo urbano de la ZMPU.

Dentro de la ZMPU, el estudio considerará inicialmente los corredores naturales que cuentan con infraestructura y que son las vialidades principales que permiten el flujo de las diversas rutas de transporte público y la mayoría de los viajes en vehículos privados. Los corredores seleccionados serán los que aún no se han integrado al sistema RUTA. Los resultados obtenidos garantizarán al Gobierno del Estado de Puebla, el cumplimiento o superación de los objetivos planteados.

En la Figura a continuación, se presenta el área de influencia del PMUPU, la cual comprende la Zona Metropolitana de Puebla, que abarca los municipios de Puebla, San Andrés Cholula, San Gregorio Atzompa, San Miguel Xoxtla, Tlaltenango, San Pedro Cholula, Juan C. Bonilla, Coronango, Cuautlancingo, Amozoc y Ocoyucan.

Figura 1.. Zona Metropolitana de Puebla



Fuente: Elaboración propia.

Para el estudio se consideran los siguientes horizontes de planeación: Plazo inmediato un año (2026). Corto y mediano plazo (4 años). Largo plazo (10 años).

2.4 FASES DEL DESARROLLO DEL PMUPU

Bajo la secuencia que se plantea en los TDR, el trabajo se basa en el análisis de la movilidad metropolitana con énfasis en el transporte público como eje estructurador dentro de los límites del área de estudio.

En la Fase I, ***Inventario y Acopio de Información Documental y de Campo***, se recopilará la información documental y el inventario de trabajos de campo de acuerdo con los requerimientos de los términos de referencia.

En la Fase II, ***Diagnóstico***., identificado la toma de información documental y de campo, se identificará y cuantificará la problemática de movilidad, permitiendo identificar los corredores donde se concentran las mayores demandas de viaje y que por lo tanto son los principales ejes de movilidad de la ciudad.

En la Fase III, ***Informe del Plan de Movilidad Urbana de la Zona Metropolitana del Estado de Puebla (PMUPU)***, se desarrollará el Plan Rector de Vialidades de Puebla, el diseño operacional del tránsito, la generación de nuevas vialidades, las acciones para convertir a las intersecciones en seguras, la red ciclista y los estacionamientos, entre otros. Adicionalmente y de gran importancia, se definirá el diseño funcional del transporte público y sus componentes para las etapas de crecimiento del sistema RUTA.

En la fase IV, ***Informe de Proyectos de Factibilidad Integral del Sistema Integrado de Transporte (RUTA), Informe de Portafolios de Proyectos Estratégicos e Informe Final y Presentación Ejecutiva,*** se definirán las etapas y acciones de implantación de la propuesta del Plan de Movilidad Urbana de la ciudad de Puebla y sistema de transporte público, donde se establecerán los periodos de ejecución y los recursos económicos.

3 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN (INVENTARIO Y ACOPIO DE INFORMACIÓN))

En la primera etapa del proyecto, se elaborará el Inventario y Acopio de Información de la oferta y demanda de movilidad y su desempeño al interior de la ZMPU.

En el levantamiento de información se recopilará la información documental existente y el levantamiento de las condiciones actuales de la movilidad de la ciudad en temas relacionados con la operación del tránsito y el transporte público, con el fin de generar información actualizada y de primera mano sobre la problemática de movilidad, y su relación con el crecimiento urbano.

Para lo anterior, se llevará a cabo una recopilación exhaustiva y planeada de la información documental existente, y la obtención y el análisis de la información recopilada directamente en campo.

El producto de la fase de inventario y acopio de información es el presente informe, que presenta los resultados de la recopilación de datos pertinentes a la movilidad de la ZMPU, ya sean de fuentes documentales o aforados en campo.

3.1 OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DOCUMENTAL

Para poder realizar un análisis sobre la evolución de las características de la movilidad y el desarrollo urbano en la ZMPU, se llevará a cabo un proceso de revisión exhaustiva y análisis de la información documental sobre temáticas relacionadas con la cartografía básica actual, con el tránsito y transporte y el desarrollo urbano

3.1.1 Cartografía Básica actual

Se obtuvo la siguiente información:

- Localización del área de estudio
- Imagen Satelital.
- Cartografía básica oficial.

3.1.2 Información documental sobre tránsito y transporte

Inicialmente se considera llevar a cabo una revisión de los siguientes documentos:

Estudios sobre proyectos específicos de vialidad y transporte. Específicamente los estudios parciales realizados durante años anteriores, para el mejoramiento de la movilidad de la ciudad, y el Estudio de Gran Visión de la Viabilidad, con propuestas de un sistema masivo de transporte para la ciudad de Puebla.

Se obtuvo información de los siguientes aspectos:

- Padrón de agrupaciones del servicio de transporte público.
- Derroteros de las rutas de transporte público.
- Padrón de vehículos del servicio de transporte público por tipo y modelo.
- Hojas de despacho de unidades de transporte público en las terminales y/o puntos intermedios de las rutas.
- Diseño del sistema RUTA actual, así como sus programas de operación y demandas para la hora pico de la mañana y del día.
- Estudios estratégicos del Gobierno del Estado y Municipales de la ZMPU

3.1.3 Información documental sobre desarrollo urbano

Se relacionaron aquellos documentos rectores del desarrollo urbano de la ZMPU, tales como Programa o Planes de Desarrollo Urbano o de ordenamiento territorial (oficial) y se recopiló de fuentes primarias y válidas, la información socioeconómica requerida para presentar un esquema de la situación social, económica y poblacional que presenta la ciudad, así como sus tendencias dentro de los horizontes del Estudio.

Por eso se analiza la siguiente información disponible:

- Información histórica de población de los distintos municipios conurbados (INEGI), así como las proyecciones de CONAPO.
- Datos socioeconómicos y demográficos del INEGI, Gobierno del Estado y de los Ayuntamientos.
- Análisis de los Planes de Desarrollo Estatales de Puebla, así como de los Planes de Desarrollo municipales y de centro de población, Planes Parciales y Estudios de Planeación que se encuentren vigentes y que no hayan sido incluidos en la actualización del Plan director vigente.
- Propuestas de los Municipios de Puebla y conurbados. analizará y considerará todas las propuestas de acciones de los Municipios que se relacionen con el estudio.

En base a la información inventariada, para la etapa de diagnóstico se realizará un análisis de las estrategias de ordenación y crecimiento urbano para el área de estudio y se evaluará si existen estrategias alternativas que podrían mejorar la movilidad en la zona de estudio.

Similarmente, con la información inventariada de INEGI y CONAPO, en la etapa de diagnóstico se desarrollarán de manera general las pautas de crecimiento económico y demográfico observadas en el área de estudio y las tendencias que la expansión urbana determine para la demanda de transporte público.

En esta etapa se ubica y recopila la información documental, para que, en la próxima etapa de diagnóstico, se realice la zonificación, y las características urbanas y socio-económicas de las zonas (la información de base se encuentra disponible a nivel del AGEBS).

El producto mínimo de esta actividad es:

- Población, tendencias y pronóstico de crecimiento.
- Densidad de población por Colonias, de acuerdo al censo del INEGI.
- Población económicamente activa.
- Densidad de empleo por colonia.
- Densidad de actividad comercial y de servicios por colonia, identificando centralidades urbanas.

3.2 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

La información socioeconómica y demográfica incluyó la caracterización de la población y el empleo en el área de estudio.

3.3 VARIABLES QUE DEFINEN PERFILES DE USUARIOS Y NO USUARIOS EN ZONA DE ESTUDIO

Las metodologías para estimar la demanda de un nuevo servicio de transporte tienen un fuerte componente de estudios de mercado.

Los especialistas en estudios de mercado, ante la salida de un nuevo producto, realizan proyecciones de demanda en base a las características del producto y su relación con la población objetivo, a la cual segmentan en grupos con diferentes funciones de utilidad que predicen las probabilidades de que cada grupo adquiera el producto.

Los estudios de demanda de movilidad tienen la misma base: ante las características de un nuevo proyecto de transporte, se identifican perfiles de usuarios donde cada perfil tiene diferentes funciones de utilidad que definen la probabilidad de que los usuarios utilicen el nuevo sistema para sus desplazamientos.

De lo anterior se tiene que, por ejemplo, para poblaciones con ingresos bajos, la probabilidad de seleccionar al transporte público para sus necesidades de viaje es mayor que la de una persona de estrato alto, bajo las condiciones actuales de comportamiento (comportamiento que se desea cambiar, para impulsar la movilidad sustentable).

Existe una serie de características demográficas, sociológicas, antropológicas, culturales, educativas y socioeconómicas que definen a los usuarios y no usuarios y que permiten segmentarlos en perfiles.

3.3.1 Viviendas

Utilizando información del Censo 2020 de INEGI, ubicamos dentro de los 11 municipios de la región metropolitana de Puebla, 769,138 de viviendas y 2,295,367 de habitantes. Dentro de nuestra zona de estudio, el municipio con mayor número de viviendas y población es Puebla, con 552,191 de viviendas y 1,641,278 de habitantes respectivamente, esto representa el 71.5% de la población total y el 71.8% de las viviendas totales en la región metropolitana de Puebla. El segundo municipio con mayor número de viviendas y habitantes es San Andrés Cholula que cuenta con 152,465 habitantes y 53,390 viviendas representando el 6.6% y el 6.9% respectivamente de habitantes y viviendas totales.

Tabla 1. Población y viviendas totales

Tabla 1. Población y viviendas totales

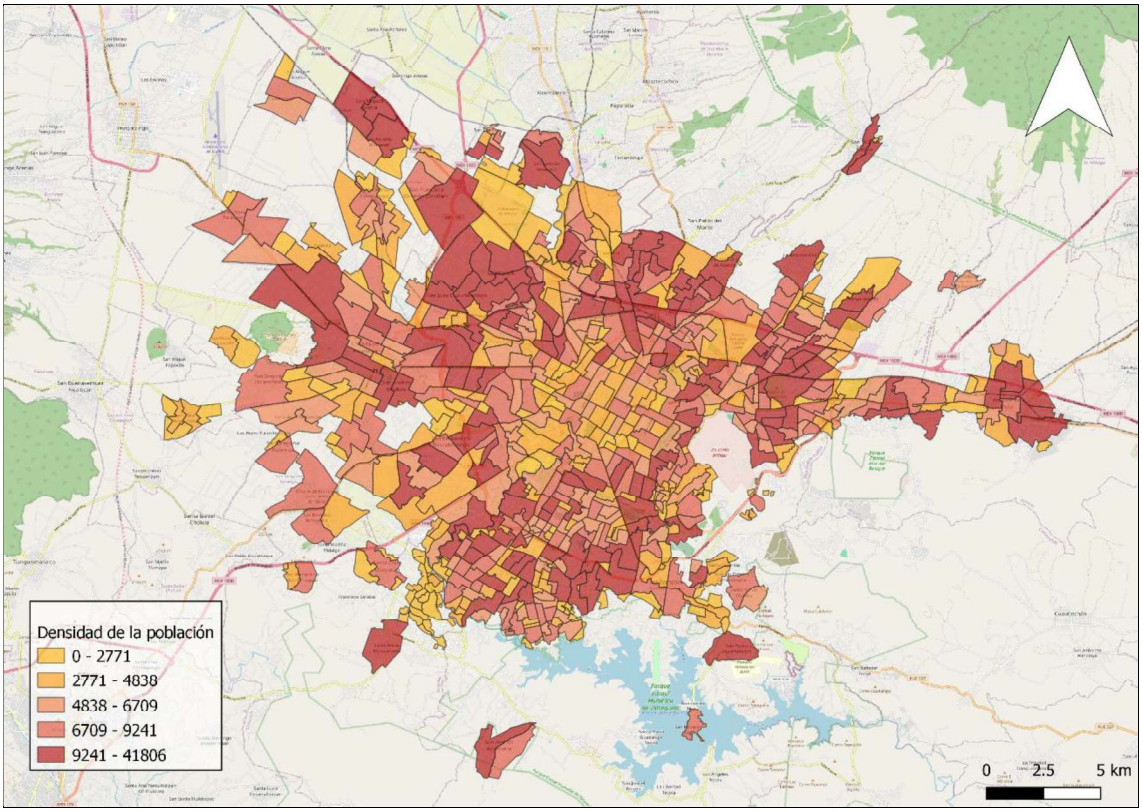
Municipio	Población total	Total de viviendas
Amozoc	114,172	34,615
Coronango	41,231	11,616
Cuautlancingo	128,586	49,542
Juan C. Bonilla	19,222	6,237
Ocoyucan	33,365	11,349
Puebla	1,641,278	552,191
San Andrés Cholula	152,465	53,390
San Gregorio Atzompa	9,125	2,657
San Miguel Xoxtla	12,060	3,126
San Pedro Cholula	136,779	42,452
Tlaltenango	7,084	1,963
Total General	**2,295,367**	**769,138**

Fuente: Censo 2020 INEGI.

Fuente: Censo 2020 INEGI.

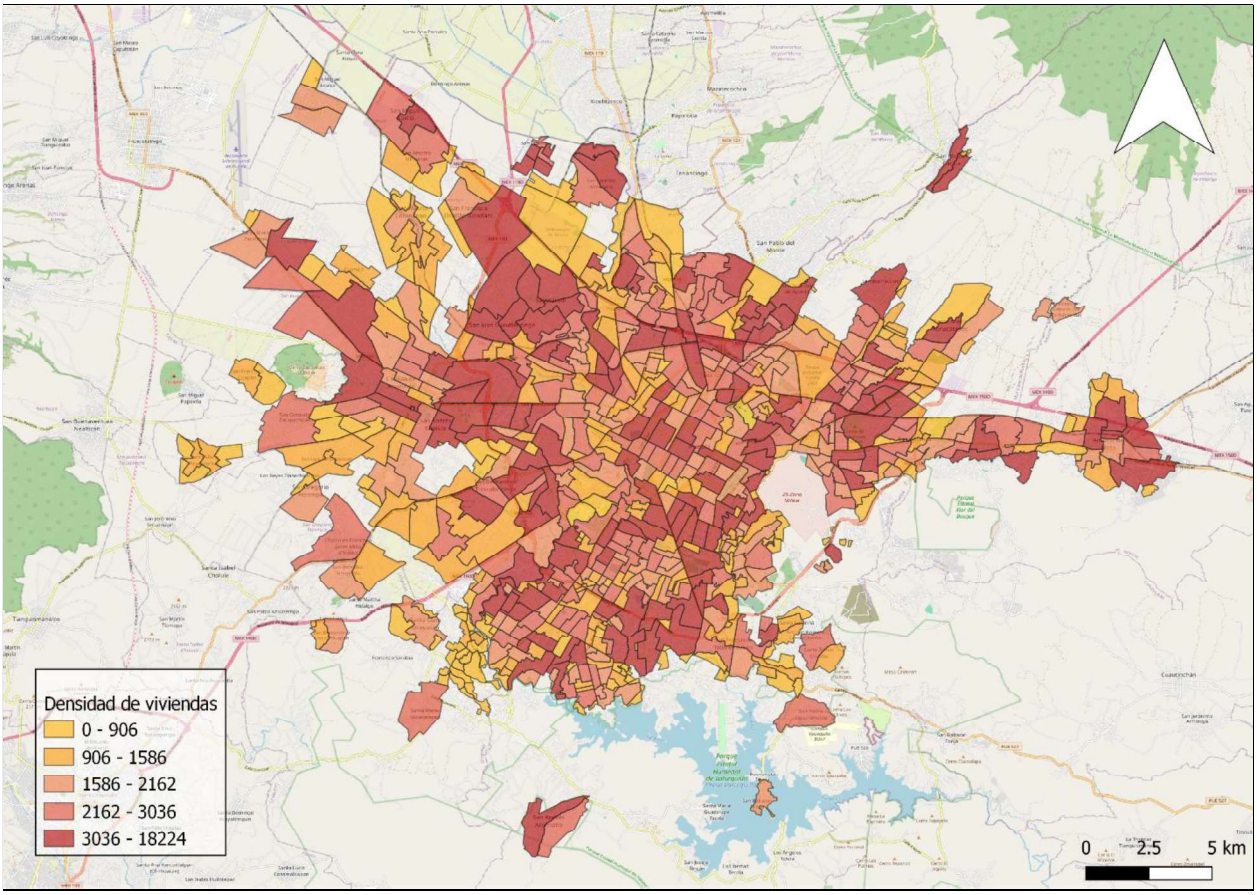
Una vez realizados los mapas temáticos con base en AGEBS, notamos que hay mayor densidad de población en las afueras y carreteras del municipio de Puebla, mientras que la mayor cantidad de viviendas se encuentran repartidas entre el centro y las afueras de la ciudad.

Figura 2. Densidad de la población en la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo 2020 INEGI.

Figura 3. Densidad de las viviendas en la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo 2020 INEGI.

Debido a su uso en la implementación de políticas públicas buscamos identificar el grado de marginación de la población y nivel de rezago y pobreza, para ello utilizamos indicadores de la calidad de infraestructura y vivienda. Encontramos que el municipio con mayor cantidad de viviendas con piso de tierra es Tlaltenango con un 3.37% de sus viviendas particulares habitadas con piso de tierra, esto representa una diferencia promedio de 1.71% a comparación del resto de municipios en nuestra zona de estudio.

Tabla 2. Viviendas habitadas con piso de tierra.

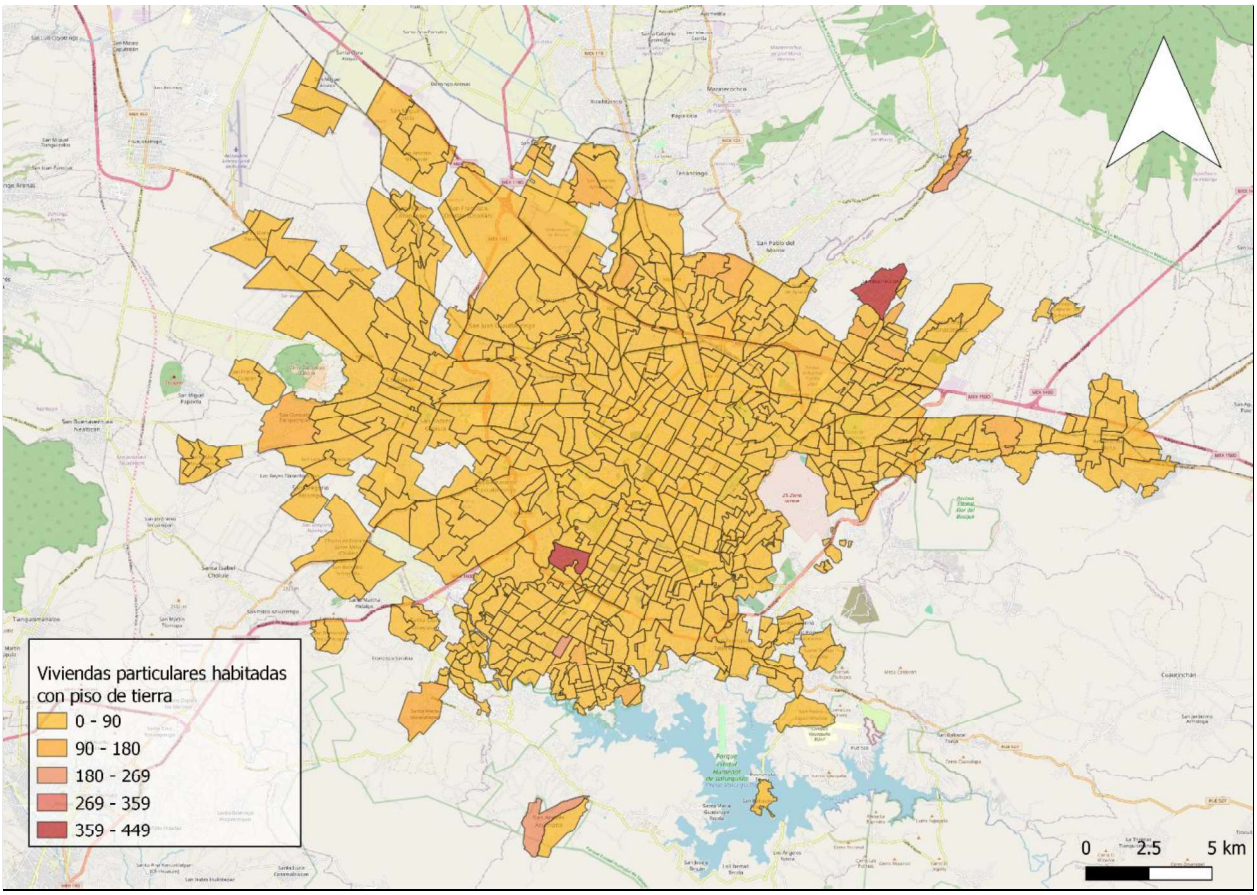
Municipio	% de viviendas particulares habitadas con piso de material diferente a tierra (ajustado*)	%de viviendas habitadas con piso de tierra
Amozoc	97.70%	2.30%
Coronango	98.00%	2.00%
Cuautlancingo	98.94%	1.06%
Juan C. Bonilla	98.26%	1.74%
Ocoyucan	97.50%	2.50%
Puebla	98.99%	1.01%
San Andrés Cholula	98.93%	1.07%

Municipio	% de viviendas particulares habitadas con piso de material diferente a tierra (ajustado*)	%de viviendas habitadas con piso de tierra
San Gregorio Atzompa	97.42%	2.58%
San Miguel Xoxtla	99.10%	0.90%
San Pedro Cholula	98.57%	1.43%
Tlaltenango	96.63%	3.37%
Promedio General	**98.19%**	**1.81%**

Fuente: Censo 2020 INEGI.

Como observamos en el mapa, el número de viviendas con piso de tierra raramente supera 90 por AGEB, y aquellas con concentración mayor a 90 no llegan a las 180 viviendas sin piso de tierra, observamos que la mayoría de las viviendas con esta característica se encuentran densamente concentradas en tres AGEBS como se nota en la siguiente figura.

Figura 4. Densidad de viviendas habitadas con piso de tierra.

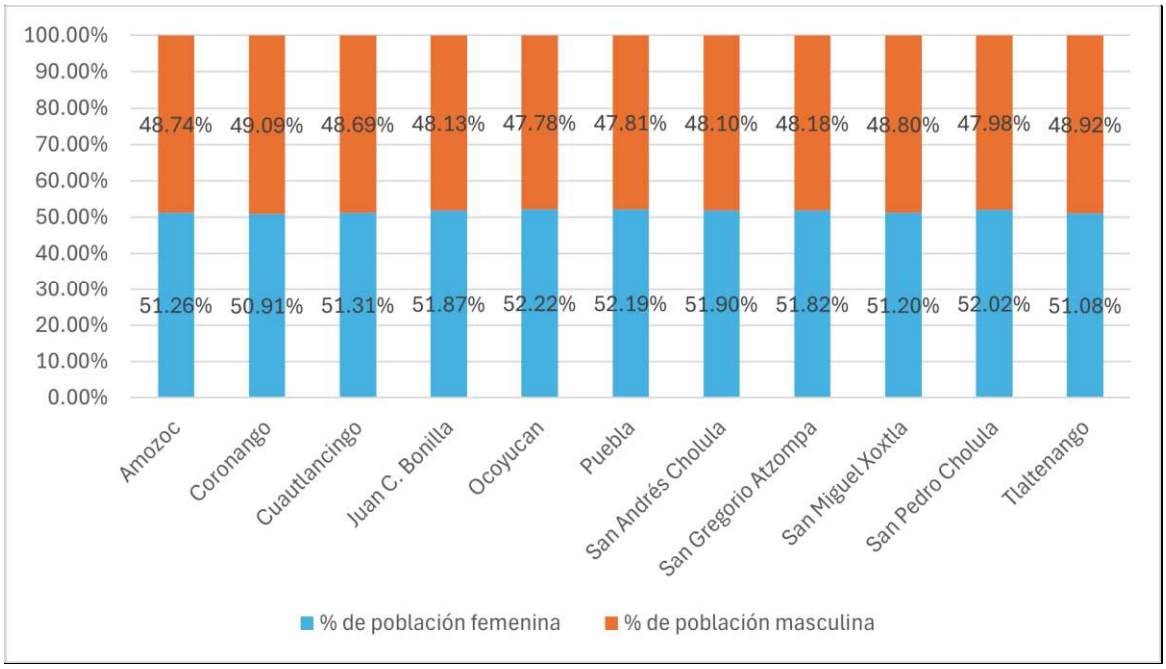


Fuente: Elaboración propia con datos del Censo 2020 INEGI.

3.3.2 Población

En la siguiente gráfica podemos observar la distribución de la población por género, en todos los municipios de nuestra zona de estudio habitan más mujeres que hombres con una diferencia promedio del 1.62%.

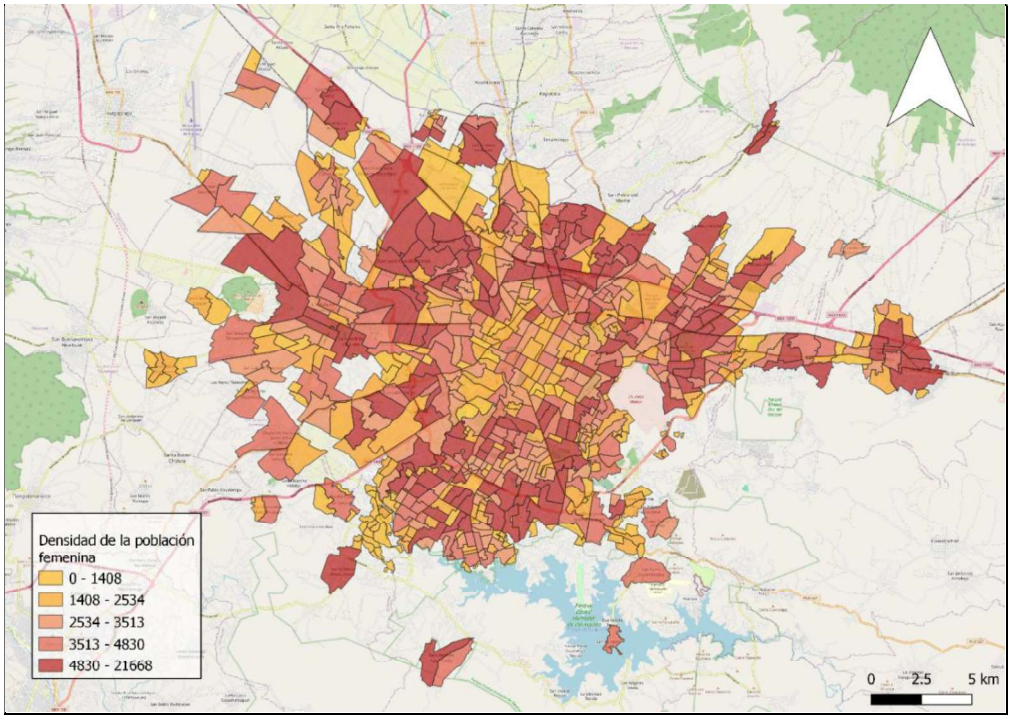
Figura 5. Distribución de la población por género



Fuente: Censo 2020 INEGI.

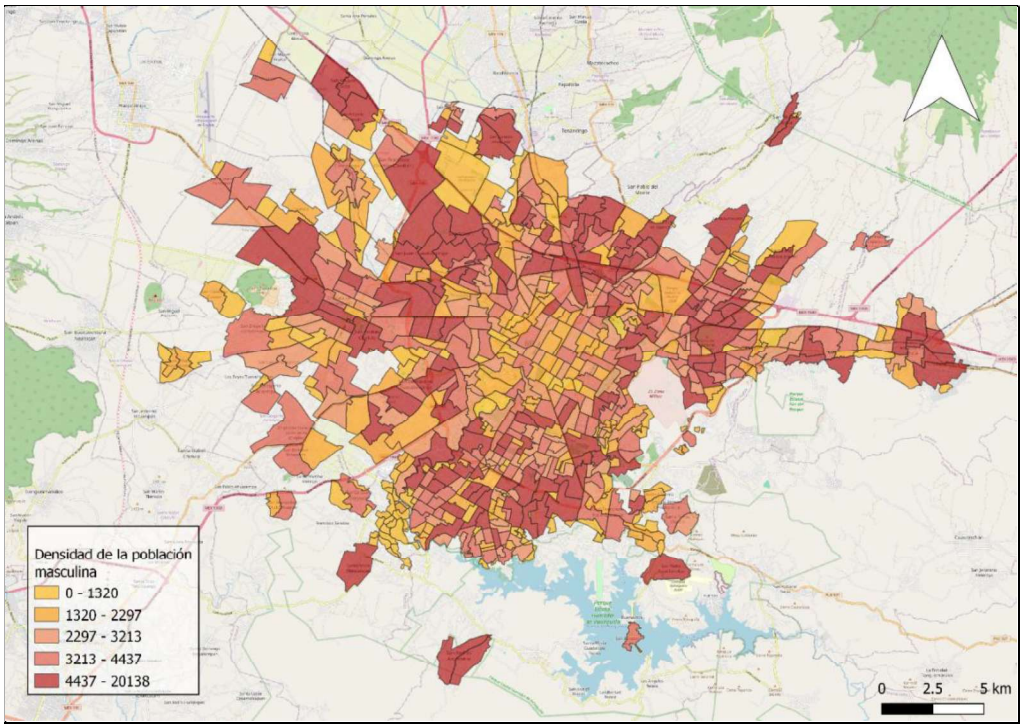
Al realizar los mapas de distribución de la población por género notamos que la distribución y densidad de ambas poblaciones es muy similar. La población no presenta ningún comportamiento ni dispersión notables. Al igual que el mapa de densidad de la población total podemos observar como gran concentración de la población sin importar el género se encuentra en las salidas con carreteras y al sur de la región metropolitana.

Figura 6. Distribución de la población femenina



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo 2020 INEGI.

Figura 7. Distribución de la población masculina.



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo 2020 INEGI.

3.3.3 Educación

Con el fin de realizar un análisis comprensivo de nuestra zona de estudio buscamos identificar el nivel educativo de la población, para ello utilizamos AGEBS con datos del Censo2020 de INEGI. Identificamos varios indicadores para cuantificar el nivel educativo y con base en ellos realizamos tablas, gráficas y mapas temáticos que plasman esta información. Para cuantificar el nivel educativo de la población adulta comenzamos identificando la cantidad de población analfabeta mayor a los 15 años.

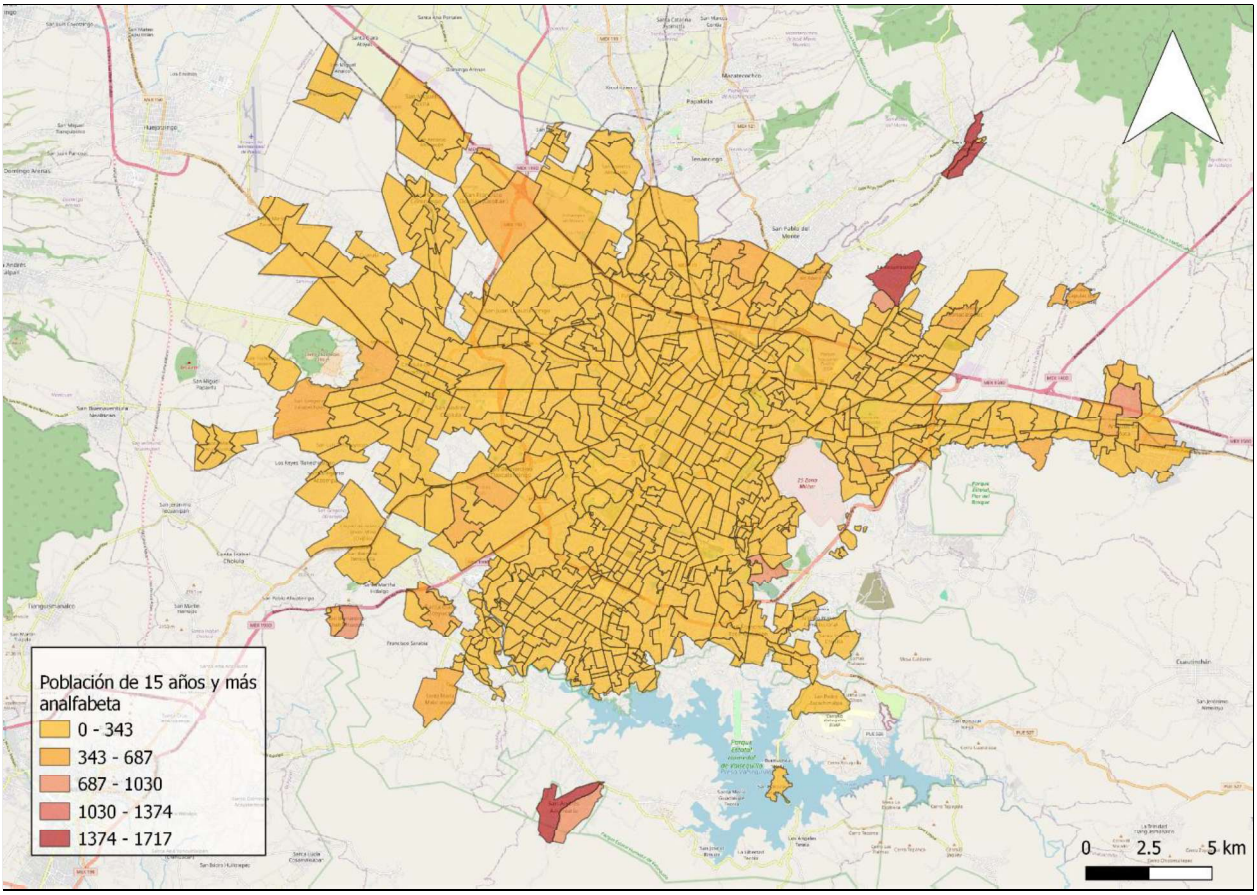
Tabla 3 Porcentaje de la población mayor de 15 años analfabeta.

Municipio	% de población de 15 años y más analfabeta
Amozoc	3.07%
Coronango	2.32%
Cuautlancingo	1.00%
Juan C. Bonilla	1.84%
Ocoyucan	4.90%
Puebla	1.64%
San Andrés Cholula	1.25%
San Gregorio Atzompa	1.55%
San Miguel Xoxtla	1.28%
San Pedro Cholula	1.65%
Tlaltenango	2.80%
Promedio General	2.12%

Fuente: Censo 2020 INEGI.

El Municipio de Ocoyucan presenta un nivel de analfabetismo mayor que el resto de los municipios de nuestra zona de estudio (el 4.9%), doblando el porcentaje en promedio de los otros municipios. Por lo general, el nivel de analfabetismo en nuestra zona de estudio tiende a estar por debajo del 2% con excepción de Amozoc, Coronango y Tlaltenango con un nivel de analfabetismo de 3.07%, 2.32% y 2.8% respectivamente.

Figura 8. Distribución de la población mayor de 15 años analfabeta.



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo 2020 INEGI.

Consideramos que la población en edad escolar que no asiste a la escuela es otro indicador importante para cuantificar el nivel educativo, especialmente en la población no adulta.

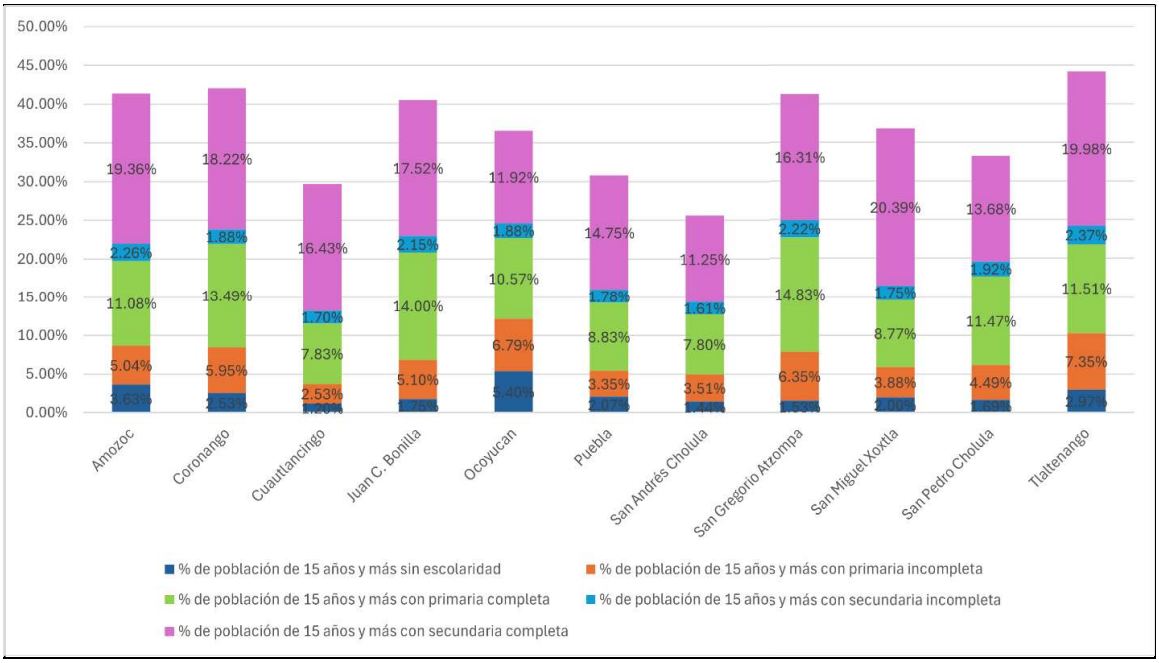
Tabla 4. Porcentaje de la población que no asiste a la escuela por rangos de edad.

Municipio	% de población de 3 a 5 años que no asiste a la escuela	% de población de 6 a 11 años que no asiste a la escuela	% de población de 12 a 14 años que no asiste a la escuela
Amozoc	1.33%	0.46%	0.48%
Coronango	2.06%	0.58%	0.39%
Cuautlancingo	1.18%	0.47%	0.31%
Juan C. Bonilla	1.87%	0.41%	0.42%
Ocoyucan	2.31%	0.72%	0.67%
Puebla	0.92%	0.31%	0.28%
San Andrés Cholula	0.71%	0.25%	0.22%
San Gregorio Atzompa	1.80%	0.65%	0.38%
San Miguel Xoxtla	1.05%	0.30%	0.24%

Municipio	% de población de 3 a 5 años que no asiste a la escuela	% de población de 6 a 11 años que no asiste a la escuela	% de población de 12 a 14 años que no asiste a la escuela
San Pedro Cholula	1.27%	0.30%	0.33%
Tlaltenango	2.30%	0.35%	0.22%
Promedio general	**1.02%**	**0.33%**	**0.30%**

Fuente: Censo 2020 INEGI.

Figura 9. Porcentaje del nivel de escolaridad de la población.



Fuente: Censo 2020 INEGI.

La discapacidad promedio en nuestra zona de estudio es del 3.62%. Tlaltenango y San Miguel Xoxtla son los municipios que presentan mayor cantidad población con alguna discapacidad con el 5.14% y el 4% de sus poblaciones respectivamente.

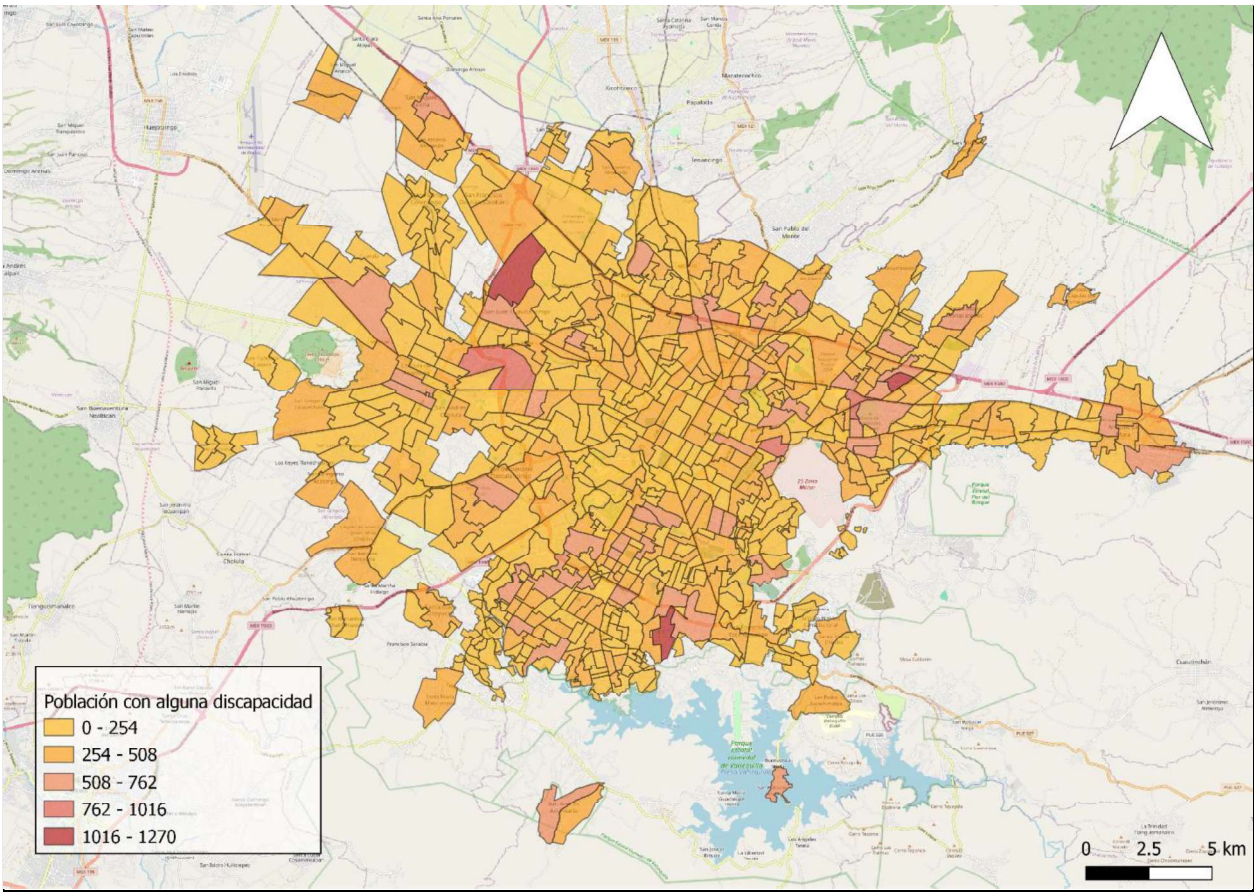
Tabla 5. Porcentaje de la población con alguna discapacidad

Municipio	% de población con alguna discapacidad
Amozoc	3.01%
Coronango	2.49%
Cuautlancingo	2.59%
Juan C. Bonilla	3.10%
Ocoyucan	2.60%
Puebla	3.88%

Municipio	% de población con alguna discapacidad
San Andrés Cholula	2.87%
San Gregorio Atzompa	3.60%
San Miguel Xoxtla	4.00%
San Pedro Cholula	3.41%
Tlaltenango	5.14%
Promedio general	**3.62%**

Fuente: Censo 2020 INEGI.

Figura 10. Distribución de la población con alguna discapacidad.



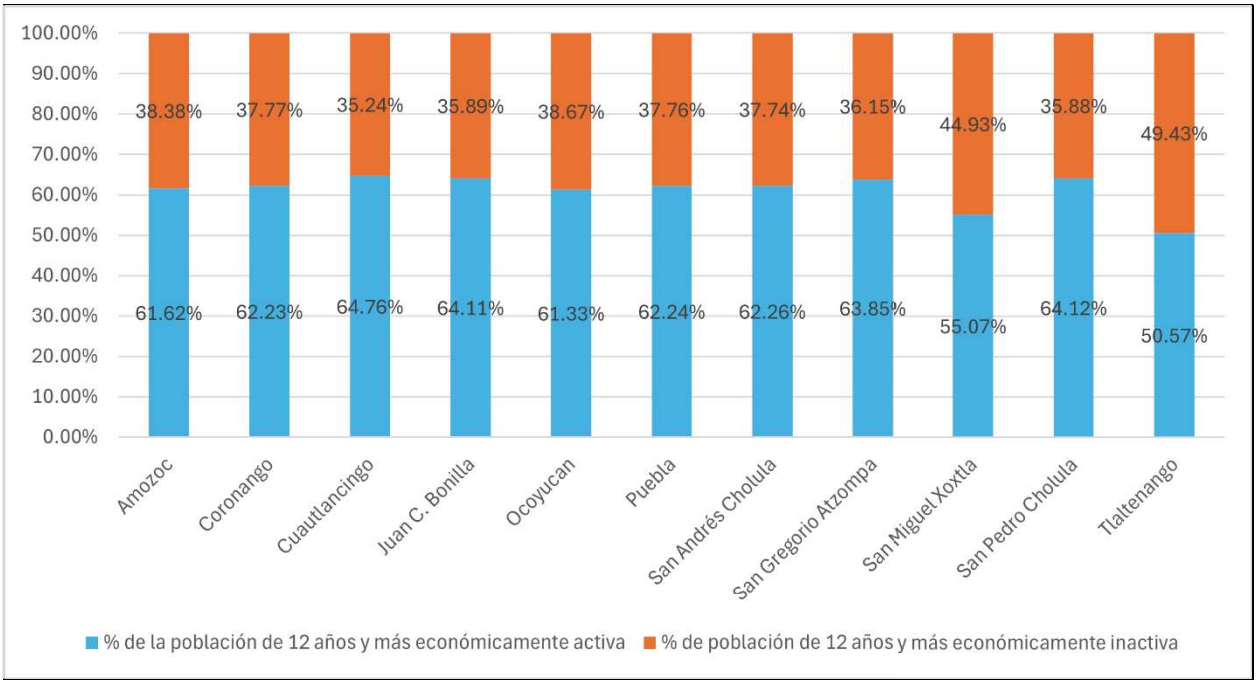
Fuente: Elaboración propia con datos del Censo 2020 INEGI.

3.3.4 Población económicamente activa

La información que se presenta a continuación es recuperada del Censo de población y vivienda 2020 del INEGI. El cuestionario considera únicamente a la población mayor a 12 años que se encontraba trabajando al momento de realizar la encuesta. Dentro de nuestra zona de estudio el

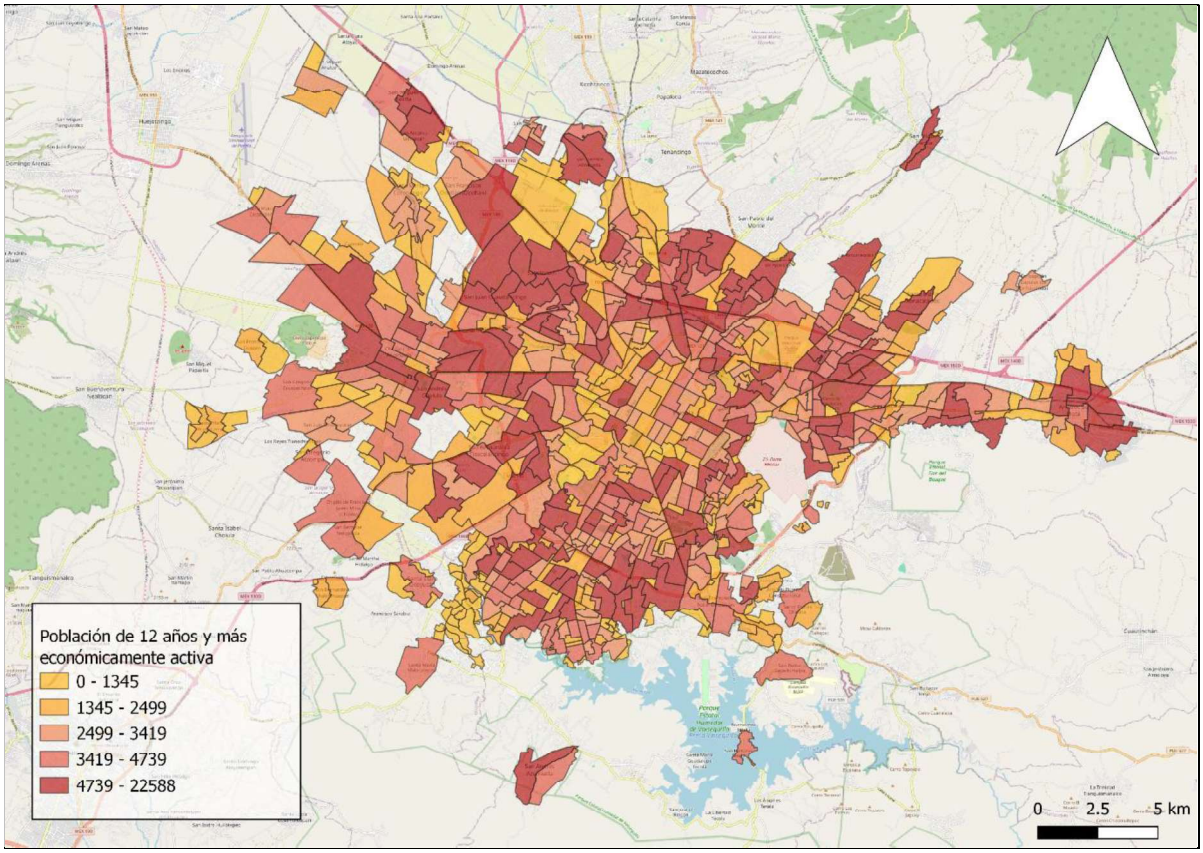
municipio con mayor cantidad de población económicamente activa es Cuautlancingo con un 64.76% de sus habitantes y aquella con menor cantidad de población económicamente activa es Tlaltenango con el 50.57% de su población trabajando al momento de la encuesta.

Figura 11. Población mayor a 12 años económicamente activa.



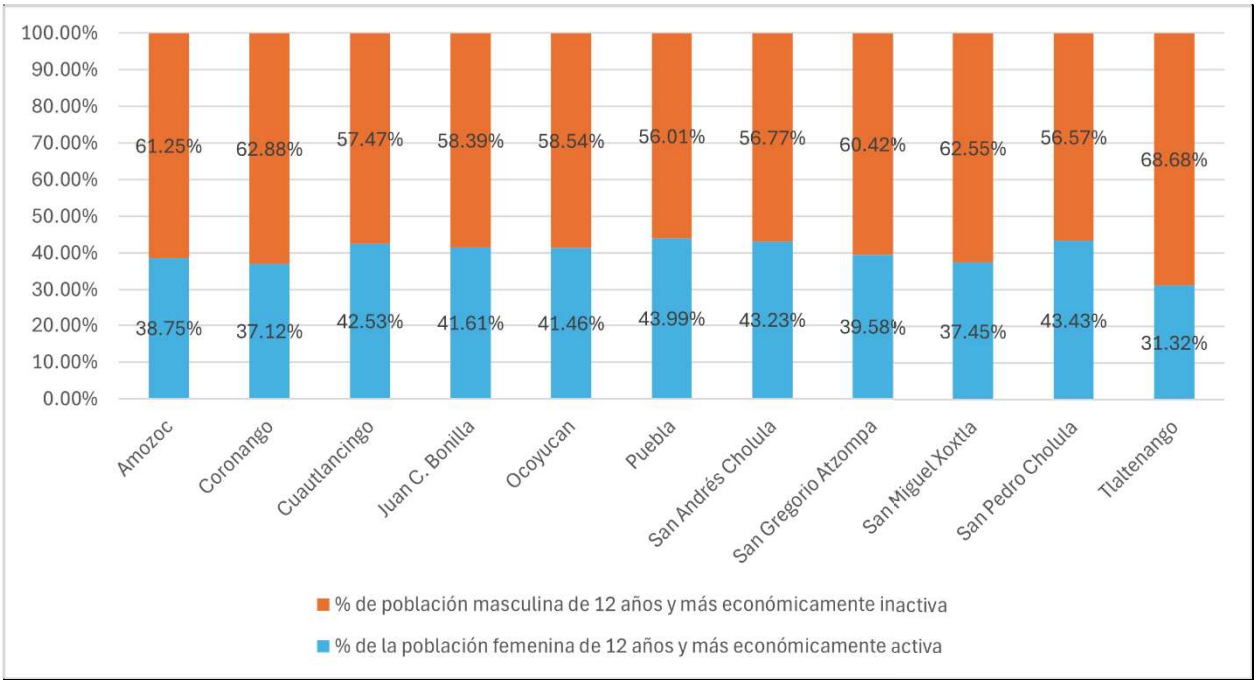
Fuente: Censo 2020 INEGI.

Figura 12. Distribución de la población mayor a 12 años económicamente activa.



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo 2020 INEGI.

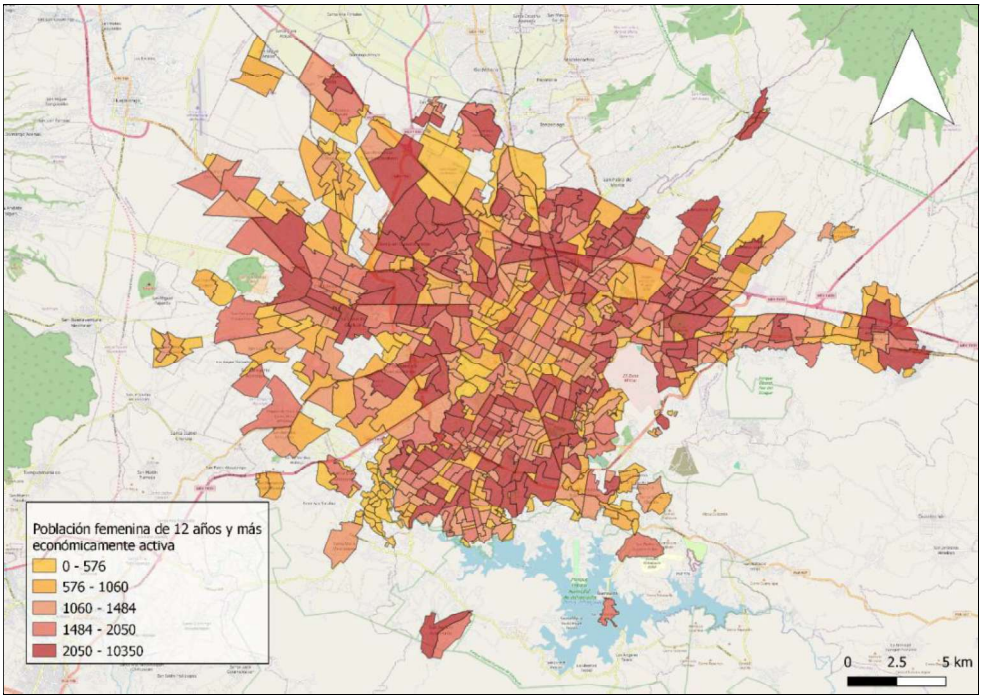
Figura 13. Clasificación por género de la población económicamente activa.



Fuente: Censo 2020 INEGI.

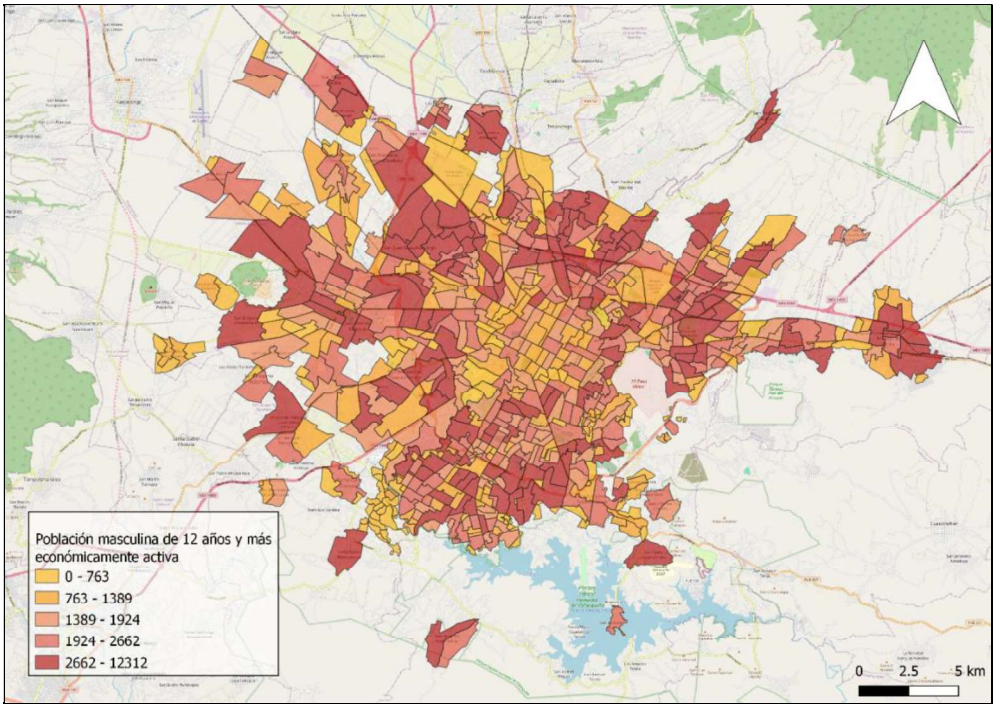
Podemos observar como en los mapas temáticos no se presenta gran diferencia en la distribución de acuerdo con el género, la mayoría de la población económicamente activa se concentra en los mismos lugares, esto se puede deber a las oportunidades de trabajo disponibles.

Figura 14. Distribución de la población femenina económicamente activa.



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo 2020 INEGI.

Figura 15. Distribución de la población masculina económicamente activa.



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo 2020 INEGI.

3.3.5 Segmentación de la población en perfiles

Para obtener la población por estratos, se utilizaron datos de las características de la vivienda.

La ecuación para definir perfiles tiene la siguiente forma:

$$PEST_i = \sum(K * \frac{CV_{ij}}{VIV_{Tot}})$$

$PEST_{i,}$ Porcentaje de población de estrato i en el AGEBj
$CV_{jj,}$ Características de las viviendas (9 características evaluadas, mencionadas arriba)
$VIV_{Tot,}$ Viviendas totales en el AGEB
K_{ij} una constante por perfil i para característica j

A través de un proceso de prueba y error se van examinando cada una de las variables de manera que para la totalidad del estado los valores de las proporciones de estratificación se aproximen a los valores de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** lo más cercano posible.

Las ecuaciones resultantes se muestran a continuación:

Población Estrato Alto

$$PEST_{Alto} = 0.2 * VPH_{Inter}/VIV_{Tot}$$

Donde:

$PEST_{Alto,}$ Porcentaje de población de estrato alto
$VPH_{Inter,}$ Viviendas particulares habitadas que cuentan con internet
$VIV_{Tot,}$ Viviendas totales
Población Estrato Medio

$$PEST_{Med} = 0.5 * \frac{VPH_{PC}}{VIV_{Tot}} + 0.5 * \frac{VPH_{Autom}}{VIV_{Tot}}$$

Donde:

$PEST_{Med,}$ Porcentaje de población de estrato medio
$VPH_{PC,}$ Viviendas particulares habitadas que cuentan con computadora personal
$VPH_{Autom,}$ Viviendas particulares habitadas que cuentan con automóvil
$VIV_{Tot,}$ Viviendas totales
Población Estrato Bajo

$$PEST_{Bajo} = 1 - PEST_{Alt} - PEST_{Med}$$

Donde:

$PEST_{Bajo,}$ Porcentaje de población de perfil bajo, B
$PEST_{Alto,}$ Porcentaje de población de perfil alto, A
$PEST_{Med,}$ Porcentaje de población de perfil medio, M

Tabla 6. Perfiles de población en la zona de estudio.

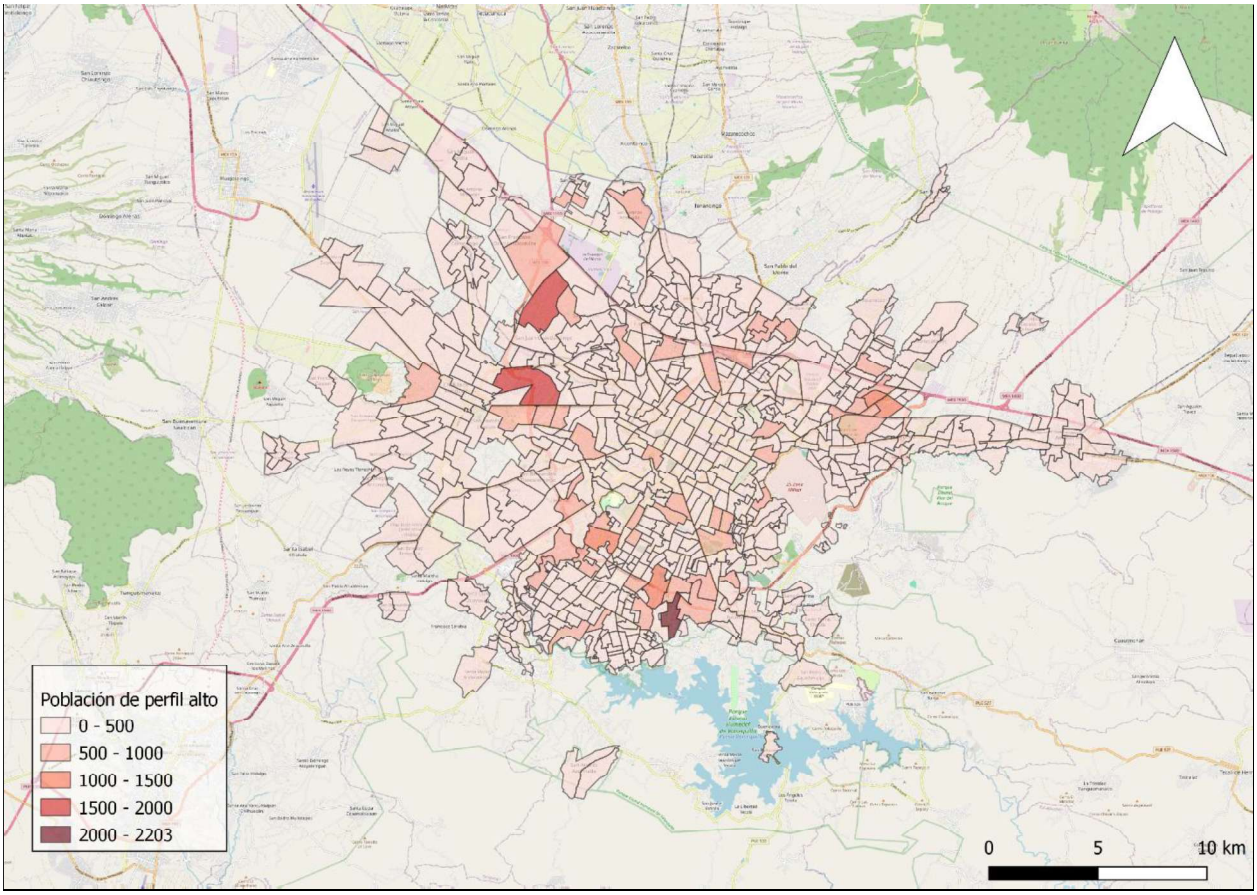
Municipio	Población Perfil A	% Perfil A	Población Perfil M	% Perfil M	Población Perfil B	% Perfil B
Amozoc	34164	7%	118119	25%	316109	67%
Coronango	11756	7%	50336	30%	108437	64%
Cuautlancingo	49805	10%	195641	37%	277748	53%
Juan C. Bonilla	5692	7%	23661	29%	52097	64%
Ocoyucan	10872	8%	51955	36%	79937	56%
Puebla	717632	11%	2642538	40%	3255845	49%
San Andrés Cholula	73434	12%	319999	52%	218410	36%
San Gregorio Atzompa	3426	9%	15470	42%	18150	49%
San Miguel Xoxtla	4246	9%	15104	31%	29291	60%
San Pedro Cholula	59592	11%	245078	45%	244100	44%
Tlaltenango	1447	5%	5725	20%	21505	75%
Total general	**972066**		**3683624**		**4621629**	

Fuente: Elaboración propia con datos del censo 2020 INEGI.

Los perfiles B son los que, por sus características, tienen menores ingresos. Se observa como en la región, metropolitana de Puebla, con la excepción de San Andrés Cholula y San Pedro Cholula, este perfil corresponde a la mayoría de la población. Municipios como Tlaltenango y Amozoc tienen altas proporciones de este perfil.

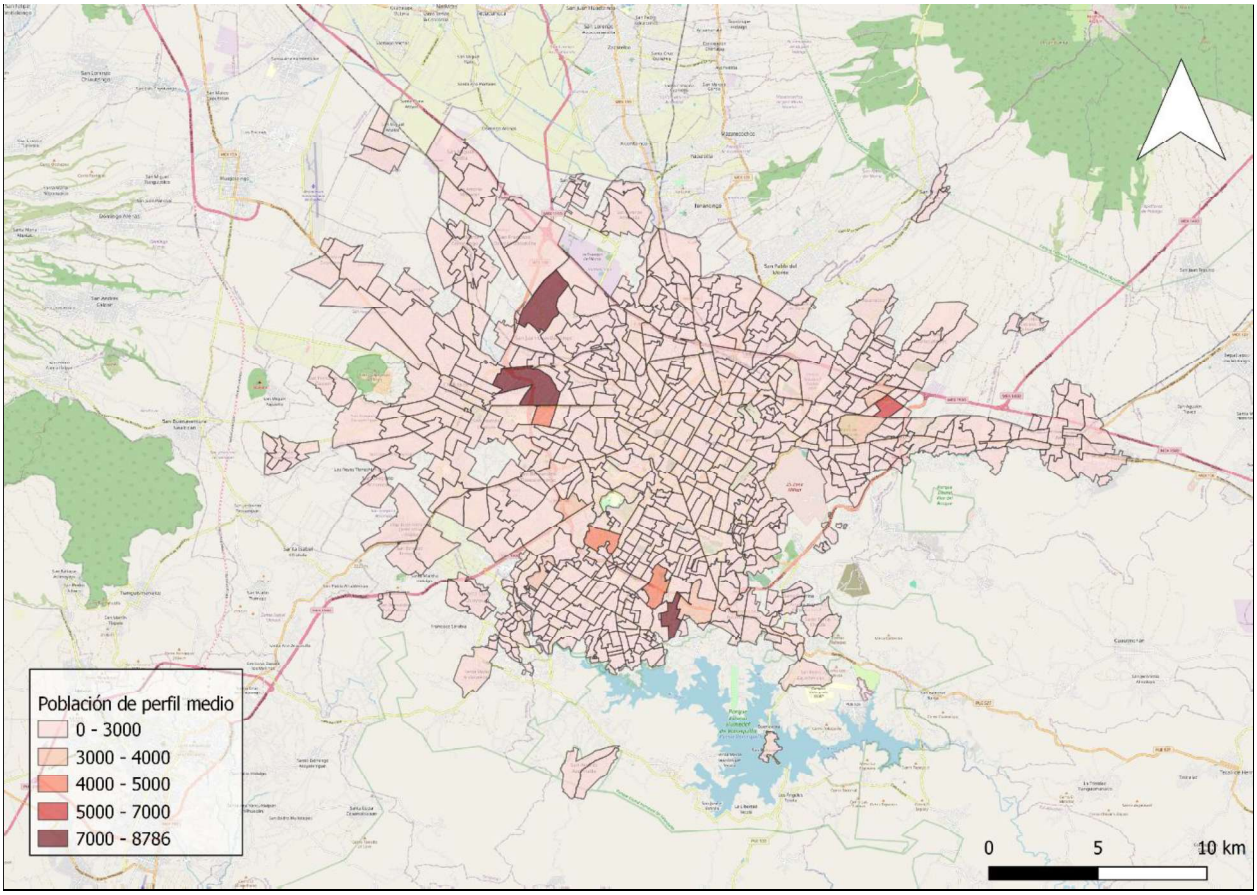
Las figuras que siguen muestran la distribución de las proporciones de cada perfil por AGEB en el área de estudio.

Figura 16. Distribución de la población de perfil alto.



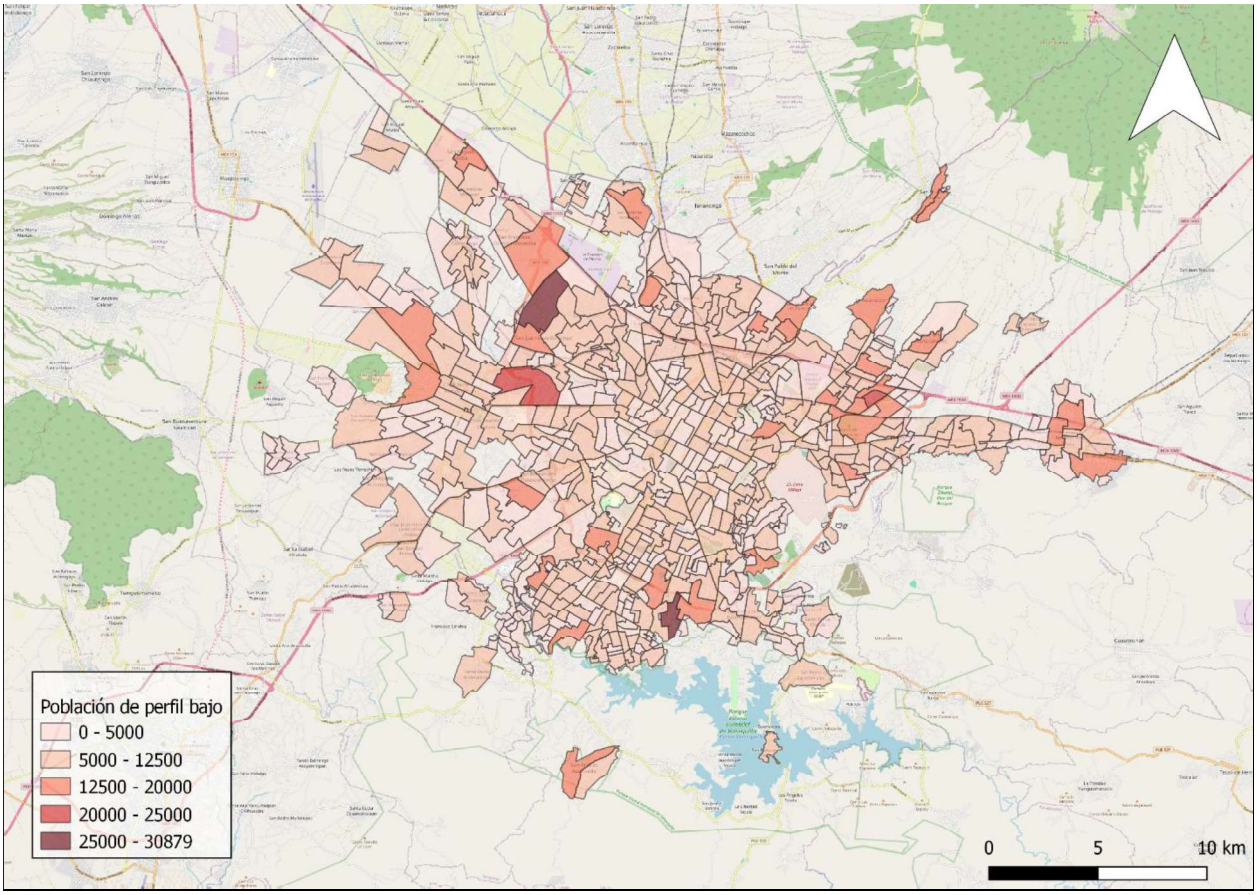
Fuente: Elaboración propia con datos del Censo 2020 INEGI.

Figura 17. Distribución de la población de perfil medio.



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo 2020 INEGI.

Figura 18. Distribución de la población de perfil bajo



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo 2020 INEGI.

3.3.6 Actividades que originan necesidades de viaje

En esta sección se identifican las actividades que originan las necesidades de viaje de la población en nuestra zona de estudio.

En base al DENUE, se identifican los locales atractores y generadores de viajes, los cuales se clasificaron en los siguientes sectores:

1. Manufactura – atraen y generan viajes de trabajo, pero su uso de suelo atrae otras actividades de servicio y comercio
2. Gobierno – atraen y generan viajes de trabajo y de servicios públicos (trámites, etc.).
3. Educación- atraen y generan viajes de trabajo y al estudio
4. Comercio - atraen y generan viajes de trabajo y de compras

5. Servicios – atraen y generan viajes de trabajo y servicios (incluye actividades y viajes de salud)

3.4 RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE CAMPO SOBRE LA MOVILIDAD URBANA

La elaboración del diagnóstico deberá reflejar la realidad existente en la movilidad urbana en la ZMPU, de allí la importancia de esta etapa de inventario y acopio de información. Para conocer, cuantificar y calificar dicha realidad en la movilidad, se desarrollarán tres componentes básicos en el inventario y acopio de información: a) el de los desplazamientos motorizados y no motorizados; b) el de la vialidad y tránsito; y c) el del transporte público.

Para llevar a cabo la recopilación de la información de campo a través de los tres componentes básicos mencionados, es conveniente llevar a cabo una planeación de los estudios que garantice la calidad y oportunidad de la información. Algunos trabajos de campo son insumo de otros, es decir, los resultados que uno arroje son la entrada o permiten definir la forma, cantidad o estrategia que se utilizará para hacer los subsiguientes.

Dentro de esta sección a continuación, se expondrá el acápite referido a la planeación de los estudios de campo, para posteriormente exponer los aspectos relacionados con los desplazamientos, la vialidad y el tránsito, y el transporte público.

3.4.1 Planeación de estudios de campo

Tanto los trabajos en la vía como la recopilación documental serán dirigidos directamente por el director de proyecto, y supervisados cercanamente por los especialistas de planeación y operación de transporte. Ellos se encargarán de la contratación y entrenamiento de los aforadores, su seguimiento y evaluación.

3.4.1.1 Recorrido de reconocimiento

La primera actividad en campo consistió en realizar un recorrido de reconocimiento del área de estudio, con el objeto de identificar las condiciones generales de la red estudiada y precisar la ubicación donde se aplicarán los diferentes estudios de campo. Una vez que se determinaron los puntos, se consensuaron con la autoridad, y fueron presentados a los aforadores contratados como parte de su entrenamiento. Se hicieron visitas en campo con ellos, apoyando su capacitación a través de videos, fotografías, carteleras y demás ayudas audiovisuales.

3.4.1.2 Selección y capacitación del personal de campo

El proceso de selección se realizó en dos etapas: la primera se refirió al nivel de educación de los encuestadores y aforadores, quienes deben contar con estudios de secundaria completa como requisito mínimo; luego a lo largo del proceso de capacitación se ejecutaron algunos ejercicios y se identificaron aquellas personas que logran tener un nivel adecuado de entendimiento del trabajo.

En el proceso de capacitación, los encuestadores y aforadores recibieron instrucciones precisas de las actividades que realizaron en campo, así como, el entendimiento de los estudios que fueron realizados y de los formatos que fueron empleados. Para esto, el consultor preparó con anticipación el material didáctico adecuado: formatos de estudios, figuras con los tipos de vehículos, etc. Se realizaron ejercicios de entendimiento de cada uno de los estudios para verificar que los objetivos de la capacitación fueron alcanzados.

3.4.1.3 Programa de seguridad

Para cada estudio se realizó un programa de seguridad que incluyó:

- La ubicación exacta de los sitios de encuestas y lugares de aforos.
- La capacitación del personal de campo con relación al tema de la seguridad en la ejecución del trabajo.
- La labor continúa de los ingenieros y supervisores para el control y seguridad en las zonas de estudio.

Es importante mencionar que se contó con todos los dispositivos del control del tránsito necesarios para evitar cualquier tipo de accidente en las estaciones requeridas para la toma de información.

3.4.1.4 Tecnología utilizada

Para los estudios de campo, se cuenta con una ventaja tecnológica que compuesta de:

- El uso de tecnologías (telefonía móvil) o grabadores digitales para realizar la encuesta de origen y destino (esto asegura mayor calidad, pues difícilmente se puede inventar una voz para responder preguntas de origen y destino, además de que se controlan con detalle la hora y la duración de la entrevista).
- Utilización de unidades de posicionamiento satelital (GPS´s) para la verificación de los recorridos de las rutas y para hacer los estudios de velocidades a bordo de las unidades.
- Utilización de sistemas de información geográfica (SIG), en ese caso el software QGIS y TransCAD, para contar con una base de datos única donde se concentre y se pueda visualizar la información recopilada.

- Aforos automáticos para la identificación del número de vehículos en un tramo determinado.

El Consultor plasmará los resultados en documentos y archivos magnéticos que muestren claramente la información generada y sus resultados.

3.4.2 Componente de desplazamientos motorizados y no motorizados

Los componentes de los desplazamientos motorizados y no motorizados se llevaron a cabo mediante la aplicación de dos encuestas origen destino. La primera consiste en una encuesta que se aplicará a los ciclistas en la red existente. La segunda en una encuesta que se aplicará a bordo de unidades de transporte público.

3.4.2.1 Encuesta Origen Destino

Las encuestas Origen Destino buscan básicamente conocer las zonas o puntos entre los que las personas se mueven. También permiten conocer las horas, tiempos, modos y costos de los desplazamientos, entre otros. La encuesta aportará información sobre el nivel de efectividad que tanto la infraestructura vial, el transporte en bicicletas, y el servicio de transporte público, tienen en la satisfacción de las necesidades de viaje de la población. A continuación, se definen los componentes más importantes de la metodología de aplicación.

Muestra estadística: La muestra estadística deberá estar de acuerdo con los objetivos del estudio, por lo que el consultor tendrá cuidado en las unidades que conforman la muestra, en la población que se busca representar, el tamaño de la muestra, y en la forma de cómo es seleccionada dicha muestra. Las consideraciones anteriores evitarán muestras demasiado grandes que conlleven a una recolección y procesamiento demasiado caras, o muestras pequeñas que puedan producir problemas con los resultados del estudio.

De acuerdo con lo anterior, y para este tipo de estudios, los métodos comunes aplicados en diferentes ciudades nacionales e internacionales corresponden a muestreos aleatorios, teniendo cuidado en la selección de cada unidad, ya que esta debe ser independiente, y cada una de ellas en la población debe tener la misma probabilidad de ser muestreada.

La función a emplearse para el cálculo de la muestra se indica a continuación.

$$n = \frac{z^2 \cdot (1 - P)}{e^2 \cdot P}$$

La función mostrada parte de una primera estimación bajo la metodología de que la población es infinita o finita y con reposición, para posteriormente estimar la muestra final con la fórmula de muestra sin reposición, es decir el entrevistado no podrá ser encuestado dos veces.

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}}$$

De acuerdo con la formula, se consideró un error máximo permisible (e) del 3%, y un nivel de confianza (1-α)= 90%. La proporción P igual a 0.3 (extremo que maximiza el tamaño de la muestra) y la población N es el aforo del cual se requiere el muestreo (viajes en la hora de máxima demanda).

Para este ejercicio de muestra, el Consultor considera conveniente utilizar a P=0.3, de tal forma que podrá obtener la muestra máxima. Cabe mencionar que también se analizará la fórmula de Smith, que es la siguiente:

$$n = \frac{Cv^2 \cdot Z^2}{e}$$

Para este caso de investigación, se requiere conocer la desviación estándar, la cual no se tiene, pero se puede obtener de estudios anteriores de encuestas de origen – destino (sí existieran) o hacer una encuesta piloto para estimarla. Para la prueba piloto, se requiere de aproximadamente el 10 por ciento de la población para tener datos confiables, lo cual implicaría mayores tiempos y costos para el proyecto, por lo que esta metodología no se considera para el estudio.

Captura de la encuesta: Para llevar a cabo la captura, el consultor ha desarrollado una hoja de cálculo para tal fin, la cual fue adaptada a la encuesta a bordo de unidades de transporte público y movilidad ciclista de la ZMPU.

Con respecto a la validación de los datos, se analizó la consistencia de las respuestas, así como también el llenado de los formatos de viajes y de características de los usuarios.

Expansión de la encuesta: Antes de iniciar la expansión de la muestra, se realizan correcciones para lograr resultados que sean no solamente representativos de toda la población, si no también confiables y válidos. Tras la codificación de las Cédulas consideradas válidas (todos los datos completos), los contenidos fueron capturados en la Base de datos respectiva. Las encuestas incompletas o inconsistentes serán evaluadas y corregidas por el equipo, con vistas a la recuperación del mayor número posible de ellas.

1. **Encuestas a bordo de unidades de transporte público**

La encuesta de origen destino a bordo de las unidades se realiza para buscar identificar, a partir de los trazados de las rutas y de la demanda detectada, los orígenes y destinos de viajes de los usuarios de las rutas de transporte público en la ZMPU. Los datos resultantes forman parte de la información necesaria para evaluar las propuestas de ampliación del sistema de transporte

público masivo RUTA y la posible reestructuración de rutas, al conocer la distribución espacial de los pares orígenes y destinos de los viajes en transporte público de la población.

La encuesta fue realizada a bordo de las unidades de transporte en todas las rutas consideradas, en ambos sentidos de circulación. calculándose la cantidad de encuestas en base a la demanda transportada resultante del aforo de Ascenso Descenso. La metodología de muestreo fue la que ya se expuso. A partir de la muestra, la encuesta identifica los orígenes y destinos de los usuarios, los puntos de ascenso y descenso de la unidad, si el pasajero utilizó otro tipo de transporte antes de abordar la unidad en que viajó y si deberá utilizar otro transporte después de bajar de la unidad antes de llegar a su destino final. Además, la encuesta ofrece información con respecto al tiempo de caminata, los tiempos de espera, los motivos del viaje, la frecuencia de viaje, los transbordos, la categoría del pasajero, etc. El universo buscado para la composición de la Matriz O-D, que será comparada con la resultante del modelo de análisis de demanda, son los totales de pasajeros que viajan en días hábiles, en la hora de mayor demanda (periodo crítico de diseño).

Con los datos de la encuesta de Ascenso Descenso y con las frecuencias de viaje se estima la demanda de pasajeros en las rutas para el periodo crítico. Los datos serán corroborados con la información de la encuesta de frecuencia y ocupación visual, tomada en puntos estratégicos en el área de influencia del corredor. Se considera que, con el levantamiento de las encuestas de los usuarios habituales del transporte público, se obtiene una imagen completa de los movimientos que se realizan.

La información obtenida es fundamental para a calibración de un modelo de transporte que se usará como herramienta para definir las alternativas para la ampliación del sistema de transporte público masivo.

Tabla 7. Formato de Encuesta Origen – Destino a bordo de unidades de transporte público

Movilidad Secretaría de Movilidad y Transporte POR AMOR A PUEBLA

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MOVILIDAD URBANA DE LA ZONA METROPOLITANA DEL ESTADO DE PUEBLA (PMUPU)

modelística

ENCUESTA ORIGEN - DESTINO A BORDO DE UNIDADES

Ruta: _____ Fecha: Día ☐☐ Mes ☐☐ Año ☐☐☐☐ Hora Hora ☐☐ Min. ☐☐

Sentido Recorrido: **IDA:** ☐ **REGRESO:** ☐ Aforador: _____

¿Cuál es el origen de este viaje?

Colonia/ Referencia: _____ Mun/Del: _____

Calle: _____ Calle: _____

¿Cuál es el destino de este viaje?

Colonia/ Referencia: _____ Mun/Del: _____

Calle: _____ Calle: _____

¿Tomó algún transporte antes de éste? ☐ No ☐ Si **Tipo:** Taxi T. Público: ☐ A ☐ M Combi ☐

¿Tomará algún transporte después de éste? ☐ No ☐ Si **Tipo:** Taxi T. Publico: ☐ A ☐ M

¿Cuánto paga diariamente en transporte público? Autobús/Microbús/Combi $ _____

¿Cuánto camina para llegar a la parada (min)? ☐ 1 a 5 ☐ 6 a 10 ☐ 11 a 15 ☐ más de 15

¿Cuánto espera la unidad de transporte público (min)? ☐ 1 a 5 ☐ 6 a 15 ☐ 16 a 25 ☐ más de 25

¿Cuánto camina de la parada a su destino (min)? ☐ 1 a 5 ☐ 6 a 10 ☐ 11 a 15 ☐ más de 15

¿Cuál es su tiempo total de viaje (min)? ☐ 1 a 30 ☐ 31 a 60 ☐ 61 a 90 ☐ más de 90 (una hora y media)

¿Cuántas veces realiza este viaje por semana? ☐ 1 vez ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 veces

¿Cuál es el motivo de éste viaje? ☐ Trabajo ☐ Estudio ☐ Compras ☐ Diversión ☐ Otro

Fuente: Elaboración propia

La Tabla a continuación muestra un ejemplo de encuesta capturada.

Tabla 8. Ejemplo de captura de la encuesta Origen – Destino a bordo del Transporte Público

Folio	Fecha	hora	No. Ruta	Género	Sentido	Origen	Destino	Tomo-Tpe	Tipo	Tomará-tpe	Tipo	Paga $	Cam-Parada	Tiemp-esper	Camina-Destin	Tiem-viaje	Frecuencia	Motivo
1	12-jun-25	6.47	104	1	1	950	155	1	0	2	2	200	1	2	1	2	5	1
2	12-jun-25	6.55	104	1	1	889	220	1	0	1	0	17	2	1	1	3	7	1
3	12-jun-25	7.00	104	2	1	889	507	1	0	1	0	17	1	1	2	2	5	1
4	12-jun-25	7.10	104	1	1	496	223	2	4	1	0	100	3	2	3	3	5	2
5	12-jun-25	7.14	104	2	1	496	242	2	3	1	0	30	4	2	3	4	6	1
6	12-jun-25	7.25	104	2	1	496	242	1	0	1	0	150	3	3	2	2	5	1
7	12-jun-25	7.35	104	1	1	249	242	2	3	2	2	84	2	1	4	3	6	1
8	12-jun-25	7.45	104	2	1	223	851	1	0	1	0	12	1	3	2	1	5	2
3008	19-jun-25	7.05	9	1	1	65	99	2	3	1	0	32	1	2	2	3	5	1
3009	19-jun-25	7.10	9	2	1	65	160	1	0	1	0	20	2	1	1	1	6	1
3010	19-jun-25	7.12	9	2	1	95	100	1	0	1	0	20	1	2	1	2	6	1
3011	19-jun-25	7.15	9	2	1	155	100	1	0	1	0	20	2	1	1	2	5	1
3012	19-jun-25	7.18	9	2	1	95	100	2	4	2	3	16	1	2	1	2	6	1
3013	19-jun-25	7.22	9	1	1	65	67	1	0	2	4	16	2	2	2	2	4	1
3014	19-jun-25	7.27	9	1	1	65	212	1	0	1	0	20	2	2	1	2	6	1
3015	19-jun-25	7.30	9	2	1	65	212	1	0	1	0	10	1	2	1	2	5	2
3016	19-jun-25	7.58	9	1	2	81	100	1	0	2	3	50	1	1	1	2	6	1
3017	19-jun-25	7.59	9	1	2	65	65	2	3	1	0	16	2	1	2	1	6	1
3018	19-jun-25	8.04	9	2	2	63	100	1	0	1	0	20	2	1	2	2	6	1
3019	19-jun-25	8.07	9	2	2	212	67	1	0	1	0	20	1	1	2	1	6	1
3020	19-jun-25	8.10	9	1	2	212	95	1	0	2	4	32	1	2	2	2	6	1
3021	19-jun-25	8.12	9	2	2	63	208	2	4	2	3	32	1	1	1	2	7	1
3022	19-jun-25	8.15	9	2	2	63	45	2	3	1	0	50	1	1	1	2	5	2
3023	19-jun-25	8.18	9	2	2	95	63	2	3	1	0	24	1	1	1	2	1	2
3024	19-jun-25	8.21	9	1	2	99	63	2	3	1	0	60	2	2	1	2	6	1
3025	19-jun-25	8.23	9	1	2	100	63	1	0	1	0	30	2	1	2	1	6	1
3026	19-jun-25	7.06	9	2	2	223	334	2	4	1	0	34	1	2	1	1	5	1
3027	19-jun-25	7.06	169	1	1	223	334	2	4	1	0	34	1	2	1	1	5	1
3028	19-jun-25	7.09	169	2	1	223	359	2	3	2	3	35	1	2	1	1	5	1
3029	19-jun-25	7.17	169	2	1	1202	1203	1	0	1	0	16	1	2	2	1	4	5
3030	19-jun-25	7.21	169	1	1	1198	1203	2	4	1	0	25	2	2	1	1	5	1
3031	19-jun-25	7.24	169	2	1	359	1203	2	4	2	3	33	1	2	2	1	1	5
3032	19-jun-25	7.29	169	1	1	223	1203	2	4	2	3	33	1	1	2	2	5	1
3033	19-jun-25	7.33	169	1	1	1203	1231	2	4	1	0	26	1	1	1	2	5	1
3034	19-jun-25	7.36	169	2	1	1203	1273	1	0	1	0	18	1	1	1	1	2	5

Fuente: Elaboración propia

2. Encuestas Origen Destino a Ciclistas

De igual forma que para la elaboración del estudio de origen y destino a bordo del servicio de transporte público, se realizó la encuesta de origen y destino a ciclistas, con una muestra de aproximadamente 400 encuestas obtenidas en los puntos donde circulan los usuarios ciclistas en la red vial de la ciudad de Puebla. La encuesta aplicada a este grupo de usuarios es la que se relaciona a continuación en el siguiente formato. La finalidad de la encuesta es identificar los pares origen y destino de estos usuarios para evaluar la propuesta de ampliación del sistema de ciclovías y las necesidades de conectividad e integralidad con el sistema de transporte público convencional y el masivo de RUTA.

Tabla 9. Formato de Encuesta Origen – Destino a Ciclistas

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MOVILIDAD URBANA DE LA ZONA METROPOLITANA DEL ESTADO DE PUEBLA (PMUPU)

ENCUESTA ORIGEN - DESTINO A USUARIOS DE BICICLETAS

Ruta: _____ Fecha: Día ☐ Mes ☐ Año ☐ Hora ☐ Hora ☐ Min.

Sentido Recorrido: N/S S/N O/P P/O Aforador: _____

¿Cuál es el origen de este viaje?

Colonia/ Referencia: _____ Mun/Del: _____

Calle: _____ Calle: _____

¿Cuál es el destino de este viaje?

Colonia/ Referencia: _____ Mun/Del: _____

Calle: _____ Calle: _____

¿Cuál es su tiempo total de viaje (min)? ☐ 1 a 30 ☐ 31 a 60 ☐ 61 a 90 ☐ más de 90 (una hora y media)

¿Cuántas veces realiza este viaje por semana? ☐ 1 vez ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 veces

¿Cuál es el motivo de éste viaje? ☐ Trabajo ☐ Estudio ☐ Compras ☐ Diversión ☐ Otro

¿Por qué razones has decidido no usar la bicicleta en algunos momentos? (Marca todas las que apliquen)

☐ Falta de infraestructura segura ☐ Experiencias de acoso o incomodidad ☐ Tareas de cuidado

☐ Falta de iluminación ☐ Miedo a accidentes o robo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Ejemplo de captura de una encuesta Origen – Destino a Ciclistas

Folio	Fecha	hora	Ubicación	Sentido	Origen	Destino	Tiem-viaje	Frecuencia	Motivo	Razon NO Bicicleta
1	12-jun-25	6.51	160	1	662	818	1	7	2	2
2	12-jun-25	6.54	160	1	662	818	2	7	5	5
3	12-jun-25	6.57	160	1	716	829	1	5	2	2
4	12-jun-25	7.08	160	1	744	818	1	7	1	1
5	12-jun-25	7.07	160	1	662	760	1	5	2	2
6	12-jun-25	7.14	160	1	1045	711	4	6	5	5
7	12-jun-25	7.21	160	1	818	535	4	5	4	4
8	12-jun-25	7.25	160	1	774	535	1	4	1	1
9	12-jun-25	7.38	160	2	814	155	4	5	2	2
10	12-jun-25	7.16	160	1	814	818	1	7	1	1
11	12-jun-25	7.08	118	1	829	155	1	5	1	1
12	12-jun-25	7.12	118	2	614	223	3	6	1	1
13	12-jun-25	7.17	118	1	866	208	2	6	1	1
14	12-jun-25	7.23	118	1	823	265	3	4	1	1
15	12-jun-25	7.30	118	1	719	208	3	6	1	1
16	12-jun-25	7.36	118	1	871	208	2	3	1	1
17	12-jun-25	7.40	118	1	1177	208	4	2	3	3
18	12-jun-25	7.46	118	1	889	208	3	6	1	1
19	12-jun-25	7.51	118	1	208	1021	1	5	2	2
20	12-jun-25	8.01	118	2	172	1020	1	6	2	2
21	12-jun-25	8.07	118	2	172	208	1	5	1	1
22	12-jun-25	8.11	118	2	1021	171	2	7	1	1
23	12-jun-25	8.16	118	2	1021	220	2	1	5	5
24	12-jun-25	8.22	118	2	208	561	2	5	1	1
25	12-jun-25	8.28	118	2	220	612	2	4	2	2
26	12-jun-25	8.34	118	2	171	825	2	2	1	1
27	12-jun-25	8.41	118	2	496	612	2	5	2	2
28	12-jun-25	8.53	118	2	251	255	1	6	1	1
29	12-jun-25	8.59	118	2	255	825	1	6	1	1
30	12-jun-25	9.08	118	2	171	866	2	7	1	1

Fuente: Elaboración propia

3.4.3 Componente de vialidad y tránsito

Los componentes de vialidad y tránsito se subdividen en dos tipos de inventarios (físico vial y de tránsito) y en una identificación de deficiencias significativas que afecten de manera determinante la operación de la vialidad y el tránsito.

3.4.3.1 Inventario Físico Vial

Se caracteriza la infraestructura vial en los principales corredores y su zona de influencia, a través de información documental y estudios de campo, con el objeto de articular la movilidad de transporte público y privado de forma que se integren soluciones que reestructuren ambos

elementos, con acciones encaminadas hacia la movilidad colectiva. Un reconocimiento general para toda la red provee insumos operacionales para la red de transporte que se utilice en la modelación; mientras que un reconocimiento particular (levantamiento de secciones) permitirá conocer con mayor detalle las condiciones del corredor que se seleccione para implantar.

Los principales corredores viales y su entorno serán jerarquizados y contendrán la siguiente información, sin ser limitativo:

- Longitud de la vía.
- Geometría de las secciones transversales: número de carriles, ancho de calzadas, aceras, guarniciones y camellones.
- Ubicación de semáforos y sus tiempos de fases en las intersecciones en estudio
- Levantamiento físico de las intersecciones en estudio a nivel de toma de información con distanciómetro láser.

Se recaban datos sobre las condiciones actuales de las principales intersecciones a estudiar (consensuadas con la autoridad) y se preparan planos con base al levantamiento con distanciómetro.

Se muestran en los planos características tales como: ramales que convergen a la intersección con sus respectivas secciones transversales (anchos de calzada, aceras y derecho de vía), número y uso de carriles para circulación, carriles auxiliares para vueltas, así como diversos obstáculos que inciden en la intersección. También se miden los tiempos de ciclo de semáforo, pendiente aproximada, y otros factores que afectan al flujo de tránsito. De igual forma se toma en consideración el análisis sobre banquetas en las intersecciones y cruces identificados como peligrosos para el peatón. La definición de las intersecciones fue a través de las zonas de mayor número de accidentes en la ciudad.

Adicionalmente, se realiza también un inventario de estacionamientos en la zona centro de la ciudad de Puebla, recopilando datos sobre la oferta y demanda para estacionamiento en la calle y fuera de ella. También se identifican los estacionamientos fuera de vía pública. Se revisa el número y ubicación de cajones legales, su ocupación y rotación durante un período continuo que comprende ocho horas de las 10:00 a 18:00hrs y frecuencia de estacionamiento ilegal. Se definió el polígono de evaluación del centro histórico para el levantamiento de cajones de estacionamiento el cual está limitado por 150 manzanas, comprendidas en el polígono definido al norte por la calle de 18 Poniente – Oriente; al sur por la calle 13 Poniente – Oriente; al oriente por el Blvd. 5 de Mayo y al poniente por la la Av. 11 Norte – Sur. A continuación, se presenta el polígono en el cual fue realizado el inventario de estacionamiento.

Figura 19. Polígono de inventario de estacionamiento del centro histórico de la ciudad de Puebla



Fuente: Elaboración propia

3.4.3.2 Inventario de Tránsito

Se retomaron estudios previos existentes para hacer comparativos históricos entre ellos y describir las características del tránsito vehicular en la zona de estudio. La información obtenida es utilizada para conocer los flujos vehiculares en los corredores, así como el nivel de servicio y ocupación de las vialidades adyacentes más importantes. En los estudios de flujos vehiculares se tuvo en cuenta las siguientes categorías de vehículos: autos ligeros privados, transporte público, motos y transporte de carga. La clasificación adoptada para los vehículos de carga es: vehículos unitarios de carga y vehículos de carga con doble caja.

La información recolectada a partir de los aforos será utilizada para modelar las condiciones de operación del tránsito en el corredor y su resultado será parte del escenario base que represente la situación actual. Con ello se evalúan las alternativas de operación de los corredores. De los estudios mencionados, se entregarán la siguiente información:

- Flujos de tránsito vehicular en los puntos de estudio.
- Flujos de tránsito vehicular y capacidades en intersecciones conflictivas.
- Nivel de servicio actual en intersecciones.
- Análisis de los volúmenes de tránsito y de la composición vehicular en las vías.
- Tiempos de recorrido, demoras y su respectiva velocidad del tránsito de vehículos privados en los corredores seleccionados.
- Identificación de los principales puntos conflictivos.
- Evaluación de los niveles de eficiencia con que se usan las vialidades.
- Presencia de estacionamiento en las principales vialidades de centro de la ciudad de Puebla
- Evaluación de las velocidades observadas.

Estaciones Maestras Manuales (Aforos de Flujo)

Se realizaron estudios de tránsito vehicular durante 16 horas (6:00 a 22:00) en 15 estaciones maestras manuales en un día hábil. Adicionalmente, se realizó el estudio de ocupación vehicular en los mismos puntos de las estaciones maestras manuales durante el mismo periodo en un día hábil. Se presta especial atención en cubrir totalmente la Ciudad de Puebla y su área metropolitana, es decir la zona identificada como área de influencia. La programación de estos conteos se hizo con el suficiente cuidado para evitar tomar observaciones en periodos atípicos como, por ejemplo: días feriados, puentes u otras festividades cívicas, religiosas o culturales. El análisis de esta información permitirá generar los histogramas (gráficos) de variación horaria de la demanda a lo largo del día por tipo vehicular (automóviles, camiones unitarios, camiones articulados, transporte público por tipo de unidad), con lo cual se podrán identificar tanto los periodos pico (Horario de Máxima Demanda HMD) y valle a lo largo de un día con sus respectivas distribuciones del transporte en sus modalidades particular, público y de carga.

A continuación, se relacionan los estudios enunciados para la elaboración de los trabajos de campo, los cuales en su momento fueron consensuados con el grupo de seguimiento del proyecto. También se indican los puntos de aforos direccionales.

Es común en zonas urbanas de gran tamaño que la hora de mayor demanda (HMD) se presente de manera diferencial dependiendo del punto geográfico. Así, por ejemplo, la zona periférica seguramente tendrá un pico más temprano debido a que se inician los viajes hacia el centro. Las zonas escolares con frecuencia presentan picos significativos bien marcados por la mañana, tarde y noche, mientras que áreas con mayor presencia de servicios generalmente sólo tienen un periodo pico destacado. Por esta razón, se distribuyeron las estaciones maestras manuales de tal forma que se pueda caracterizar el comportamiento de la demanda de los distintos modos de transporte en distintos puntos geográficos del corredor.

Tabla 11. Formato de aforos en estaciones maestras

Movilidad
Secretaría de Movilidad y Transporte
POR AMOR A PUEBLA

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MOVILIDAD URBANA DE LA ZONA METROPOLITANA DEL ESTADO DE PUEBLA (PMUPU)
AFORO EN ESTACIONES DE FLUJO

modelistica
www.modelistica.com.mx

Ubicación _____ *Sentido:* _____ *Hoja:* ___ *de* ___

Fecha: _____ *Día de la semana:* _____ *Aforador* _____

Hora	Sentido						
	Transporte Privado				Transporte Público		
	Automóvil	Camión 2 Ejes	Camión 3 Ejes	C4 y más	Combis	Autobuses	Motocicletas
:							
Total							
:							
Total							

Fuente: Elaboración propia

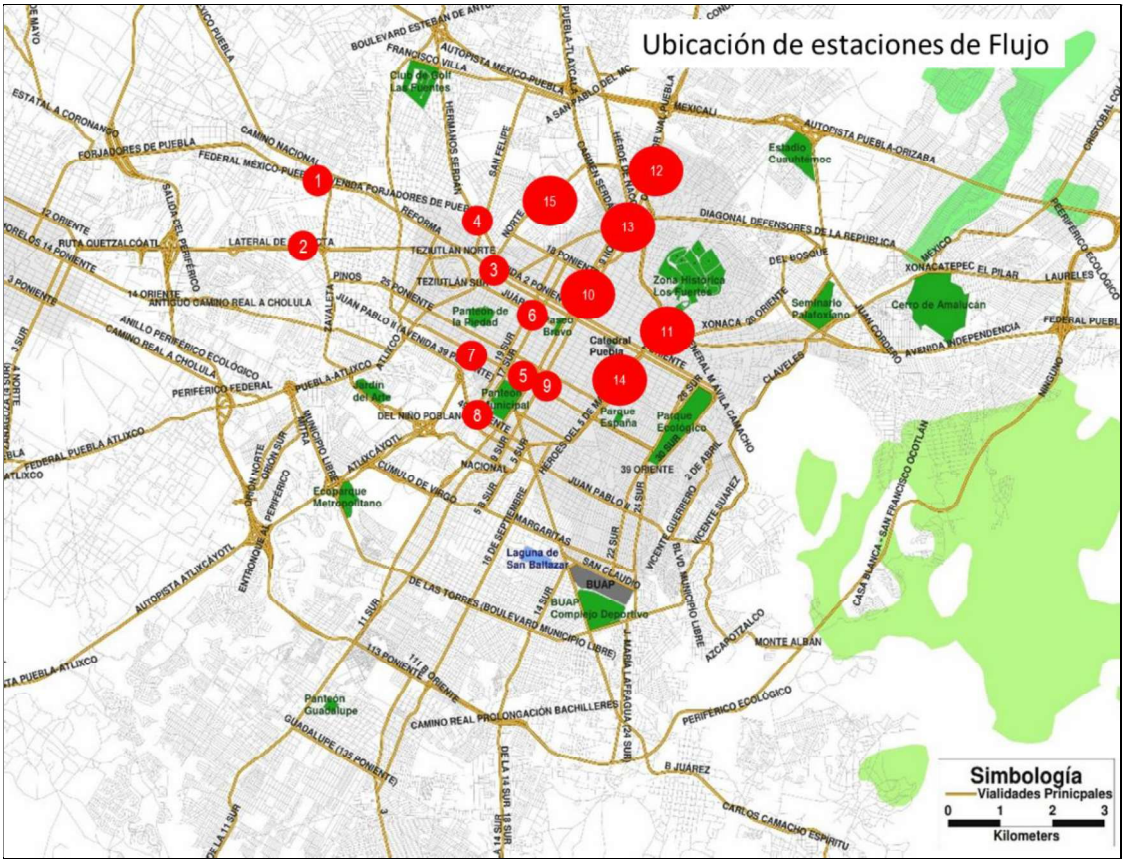
La ubicación de las estaciones de flujo se relaciona a continuación y se presentan gráficamente en la figura siguiente:

Tabla 12. Ubicación de las estaciones de flujo

NO.	UBICACIÓN
1	FORJADORES-ZAVALETA
2	RECTA A CHOLULA-ZAVALETA
3	REFORMA-27 SUR
4	HNOS SERDAN- SAN FELIPE
5	25 PONIENTE-13 SUR
6	17 SUR-JUAREZ
7	25 SUR- 35 PONIENTE
8	JUAN PABLO II-17 SUR
9	11 SUR-25 PONIENTE
10	9 SUR - 11 PONIENTE
11	8 PONIENTE -2 NORTE
12	14 ORIENTE-12 NORTE
13	ZARAGOZA-27 SEPTIEMBRE
14	DEFENSORES-3 NORTE
15	5 DE MAYO Y 2 ORIENTE
16	BLVD. NORTE -34 PONIENTE

Fuente: Elaboración propia

Figura 20. Ubicación de las estaciones de flujo



Fuente: Elaboración propia

Estaciones Maestras Automáticas

Se llevaron a cabo aforos automáticos con clasificación vehicular en las vías de mayor tránsito de la ciudad y con influencia al proyecto. Fueron 10 puntos con medición durante 24 horas los 7 días de la semana. El objetivo de este estudio es observar el comportamiento horario y diario de la demanda potencial durante diferentes días de operación de las vialidades urbanas importantes.

Esta información será muy valiosa, dado que, de forma conjunta con los aforos manuales y los aforos históricos de las vías, se puede analizar la estacionalidad de la demanda y determinar el Tránsito Diario Promedio Semanal (TDPS).

La estación de aforo automático fue de tipo neumático. Cabe mencionar que, para garantizar la correcta operación de las estaciones, se cuenta con el equipo de supervisión adecuado (herramientas, neumáticos, sujetadores, chalecos, banderas, *traficonos*, entre otros). Los datos de los aforos automáticos se entregan con cortes por hora, por día y por sentido de circulación.

Figura 21. Instalación de equipos de aforos automáticos





Fuente: Archivo fotográfico del proyecto

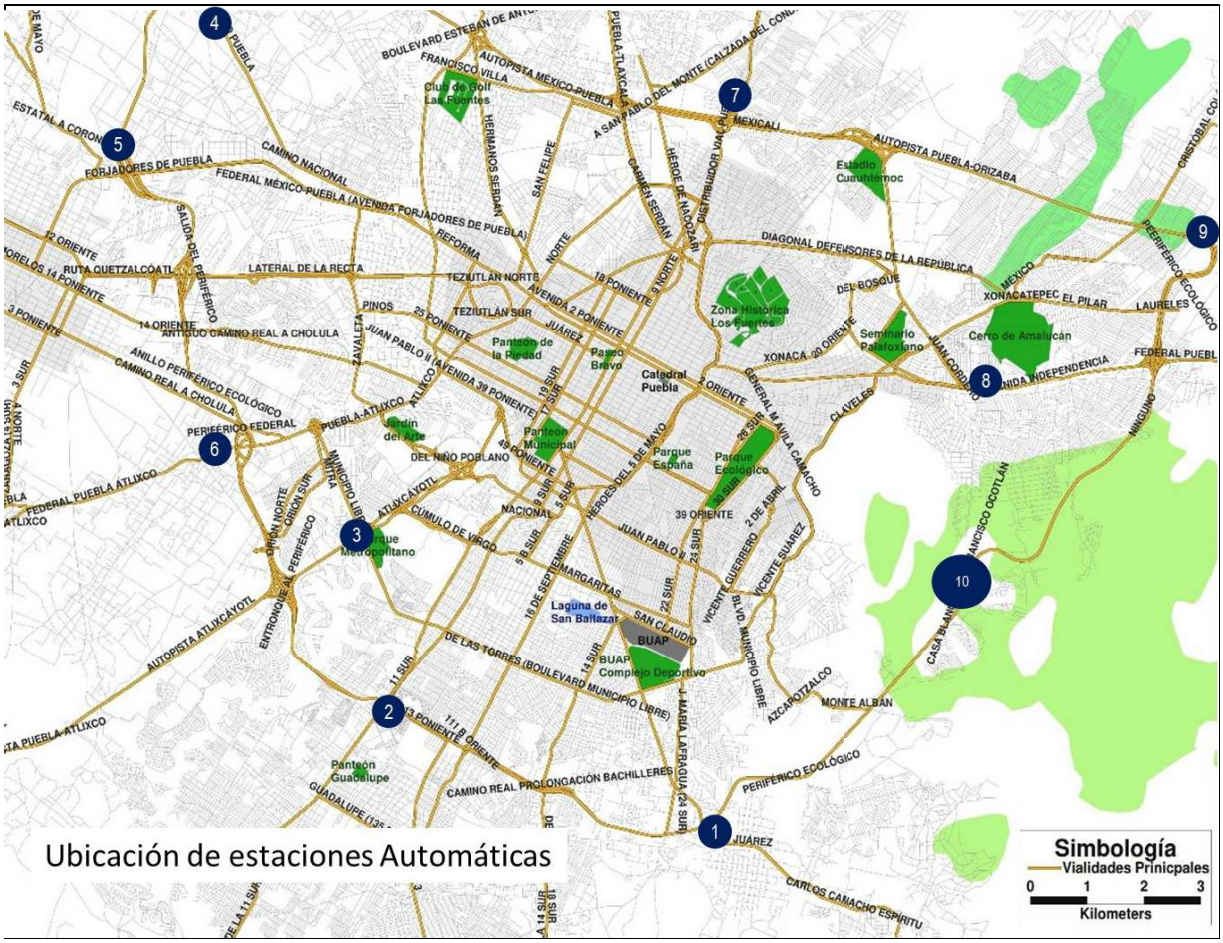
La ubicación de las estaciones maestras se relaciona a continuación y se presentan gráficamente en la figura siguiente:

Tabla 13. Ubicación de las estaciones de flujo

NO.	UBICACIÓN
1	Valsequillo – Periférico
2	11 Sur y Periférico
3	Vía Atlixcáyotl y Municipio Libre
4	Recta Cholula Torrecitas
5	Periférico Camino Real Monoxpa
6	Blvd Carmen Serdán Aut. Mex. Puebla
7	Car Santa Ana Av.104 Pte
8	Av. Independencia Av. Justo sierra
9	Aut. Mex. Puebla Aquiles Serdán
10	Belem Camino a Batan

Fuente: Elaboración propia

Figura 22. Ubicación de las estaciones de flujo



Fuente: Elaboración propia

Aforos direccionales

Los aforos direccionales de flujo son el instrumento principal para obtener los volúmenes que se utilizarán como base para el análisis de capacidad y nivel de servicio de las intersecciones (NS) con que operan las intersecciones evaluadas. Se hizo el estudio en las 27 intersecciones más importantes, durante el periodo pico, un día entre semana. La relación de las intersecciones fue proporcionada por el equipo de seguimiento del proyecto.

Una vez analizados los resultados de las estaciones maestras, se pudo especificar los periodos de realización de estos conteos. Se realizó este estudio en periodos pico de la mañana, para determinar el nivel de servicio en las horas más críticas. Las observaciones se hicieron con cortes a cada 15 minutos, de tal forma que se pudo precisar con bastante detalle la hora de máxima demanda. Este conteo se hizo de manera directa, colocando a un observador en cada acceso, anotando los vehículos según su movimiento direccional (a la izquierda, vuelta "U", de frente o a la derecha). Este aforo considera una clasificación vehicular del tipo ABC (automóvil, autobús y camión de carga). Los aforos direccionales se hicieron solo durante un día entre semana, en el periodo pico de la red vial.

Tabla 14. Formato de aforos direccionales

Movilidad
Secretaría de Movilidad y Transporte
POR AMOR A PUEBLA

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MOVILIDAD URBANA DE LA ZONA METROPOLITANA DEL ESTADO DE PUEBLA (PMUPU)

Aforos Direccionales

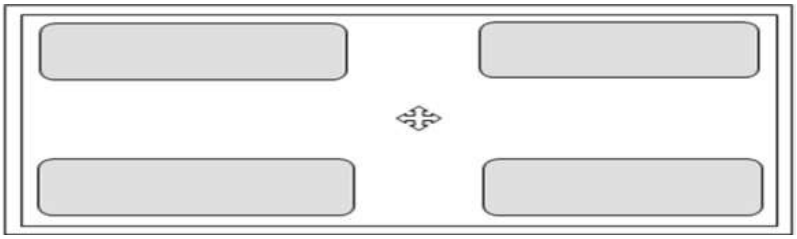
modelistica
www.modelistica.com.mx

Intersección: _____

Fecha: _____ Nombre del Aforador _____

Hora	Movimiento 1					Movimiento 2					Movimiento 3				
	Transporte Privado				Tpe	Transporte Privado				Tpe	Transporte Privado				Tpe
	Automóvil	C2	C3	C4 o más	Público	Automóvil	C2	C3	C4 o más	Público	Automóvil	C2	C3	C4 o más	Público
Total															

Croquis de Localización



Fuente: Elaboración propia

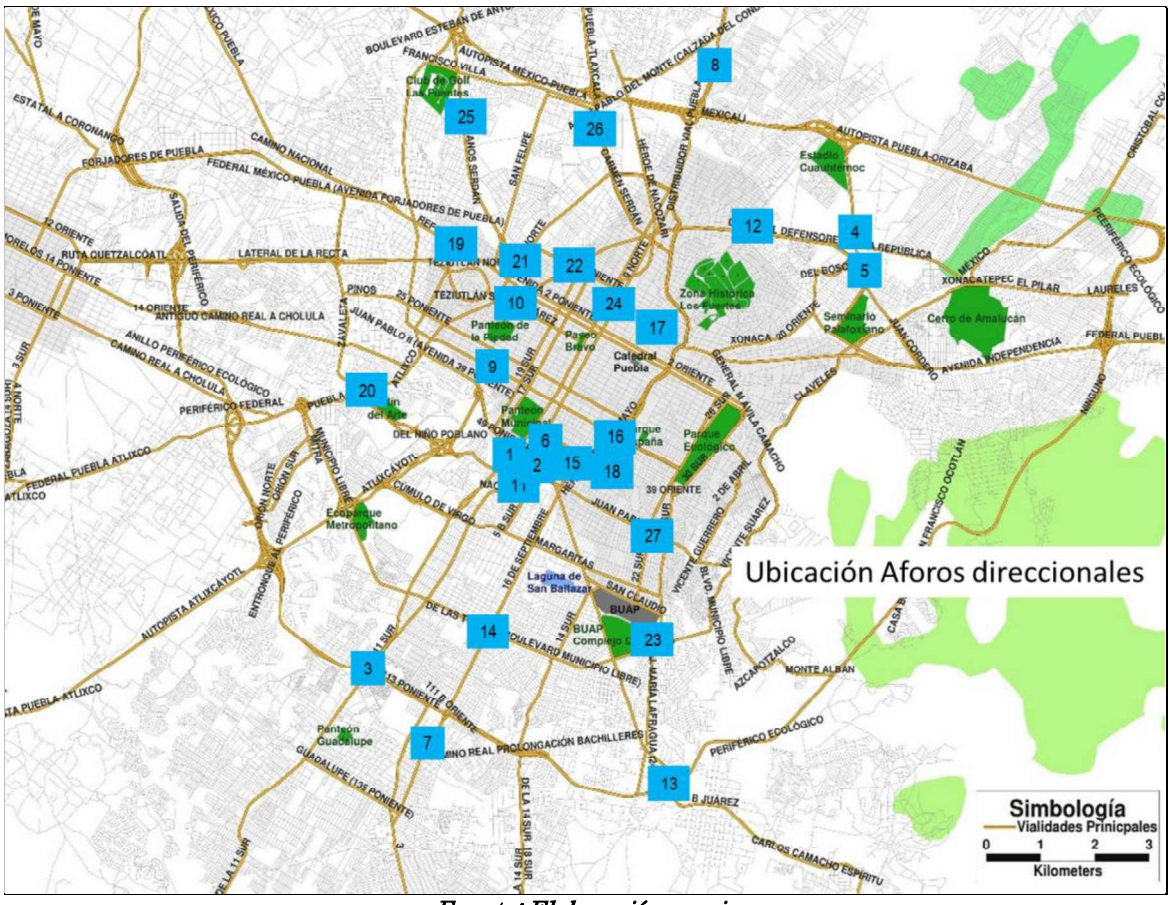
Tabla 15. Ubicación de las intersecciones

NO.	UBICACIÓN
1	Cto. Juan Pablo II - 11 Sur
2	Cto. Juan Pablo II - 9 Sur
3	Periférico Ecológico - Calle 11 Sur
4	Blvd. 18 de Noviembre - Av. Camino Real a Manzanilla
5	Blvd. 18 de Noviembre - Diagonal Defensores de la República
6	Blvd. Capitán Carlos Camacho Espíritu - Calle 7 Sur
7	Av. 16 de Septiembre - 119 Pte.
8	Vía Corta a Santa Ana - Frente a Central de Abastos
9	Av. 31 Pte. - Calle 25 Sur
10	Av. Juárez - Fuente de los Frailes
11	Calle 49 Pte. - Calle 9 Sur
12	Calzada Ignacio Zaragoza - Diagonal Defensores de la República
13	Blvd. Capitán Carlos Camacho Espíritu - Periférico Ecológico
14	Blvd. Municipio Libre - Av. 16 de Septiembre
15	Blvd. 5 de mayo - Calle 5 Sur
16	Blvd. 5 de mayo - Av. 31 Ote.
17	Av. 10 Ote. - Calle 4 Nte.

NO.	UBICACIÓN
18	Blvd. 5 de mayo - Calle 2 Sur
19	Prolongación Reforma - Teziutlán Sur
20	Blvd Atlixco - Blvd. Niño Poblano
21	Blvd. Norte - Av. 10 Pte
22	Diagonal Defensores de la República - Av. 18 Pte.
23	Blvd. Municipio Libre - Diagonal Río Papagayo
24	Calle 11 Norte - Calle 6 Pte
25	Blvd. Hermanos Serdán - Av. 15 de Mayo
26	Blvd. Carmen Serdán - Calle 5 de Febrero
27	Cto. Juan Pablo II - Blvd. 22 Sur

Fuente: Elaboración propia

Figura 23. Ubicación de las intersecciones



Fuente: Elaboración propia

El estudio se realizó en periodo de la mañana de 6:00 a 10:00hrs.

Levantamiento físico de intersecciones

A través de equipos de precisión como distanciómetros y levantamiento de mediciones con rayo láser se tomaron las distancias en los diferentes accesos de la intersección.

Levantamiento de control semafórico
Para el levantamiento de control semafórico se realizarán las siguientes acciones:

- Medición e identificación de las fases de los ciclos semafóricos.
- Identificación de los movimientos vehiculares permitidos por acceso.
- Aforo direccional para los diferentes movimientos observados.

➢ Análisis de capacidad y niveles de servicio

Los insumos necesarios básicos son:

- Las características físicas de la intersección.
- El aforo direccional en la hora de máxima demanda del periodo en análisis.
- Dispositivo de control (semáforo) con las fases y duración del ciclo.

Con los insumos necesarios, se realizará el análisis de capacidad en la etapa de diagnóstico con software Synchro, una herramienta que contiene los lineamientos del Highway Capacity Manual (HCM) con el que se determina el nivel de servicio. Synchro además permite realizar una micro simulación (SimTraffic) de la intersección analizada que refleja las condiciones operativas vistas en el sitio.

Los resultados serán presentados en una tabla que muestre los niveles de servicio de las intersecciones seleccionadas; además se presentará una figura que ilustre geográficamente los niveles de servicio. En la tabla a continuación, se observan los rangos para los diferentes niveles de servicio de acuerdo a la metodología del HCM.

Tabla Niveles de servicio para intersecciones semaforizadas de acuerdo con el HCM

Nivel de Servicio	Demoras por vehículo (seg/veh)
A	<= 10
B	>10 y <=20
C	>20 y <=35
D	>35 y <=55
E	>55 y <=80
F	>80

Fuente: Elaboración propia

Los rangos para los diferentes niveles de servicio se basan en la demora promedio que un vehículo invierte para cruzar una intersección semaforizada.

Las intersecciones con mejores indicadores de desempeño serán aquellas que tenga un nivel de servicio A, esto es, una demora menor a los 10 segundos, mientras que las intersecciones que muestren un nivel de servicio F, serán las que tengan el peor nivel de servicio y la mayor cantidad de demoras, que será superior a los 80 segundos.

Aforos de Ocupación Vehicular

Los aforos de ocupación vehicular permiten conocer cuántas personas transitan a bordo de vehículos diferentes a unidades de transporte público como autobuses, micros y combis.

Tabla 16. Formato de ocupación vehicular

Movilidad
Secretaría de Movilidad y Transporte
POR AMOR A PUEBLA

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MOVILIDAD URBANA DE LA ZONA METROPOLITANA DEL ESTADO DE PUEBLA (PMUPU)

Estudio de Aforos de Flujo con Ocupación Vehicular

modelistica
www.modelistica.com.mx

Ubicación: _____ Sentido: _____

Nombre de Aforador: _____ Fecha (D,M,A): _____

Hora	Autos				Taxis	Camiones	Camiones	
	1	2	3	más de 3		C2	C3	C4 o más
Total								

Fuente: Elaboración propia

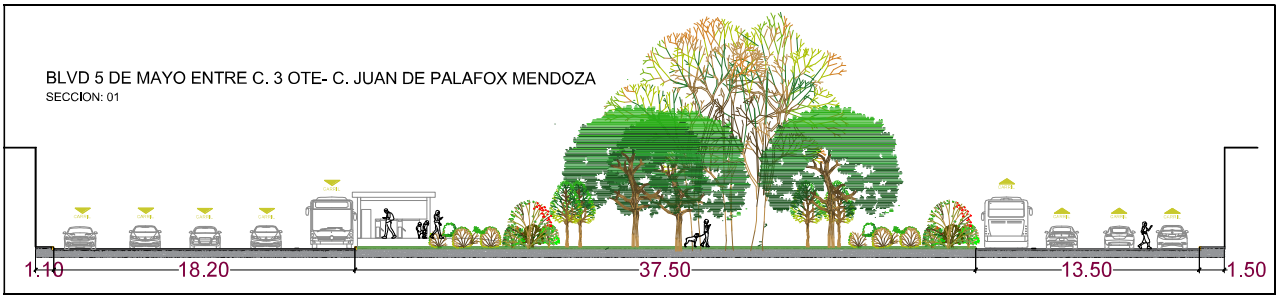
Para la ocupación de vehículos de transporte público hay que remitirse al estudio de frecuencia – ocupación que se presentará más adelante. Este estudio se realizó en los mismos 15 puntos en que se realizó el estudio de aforos de flujo para el mismo periodo y en un día hábil. Es usual ver que los automóviles particulares, a pesar de tener una capacidad de 4 ó 5 personas, mantienen una predominante baja ocupación, especialmente en horas de la mañana en viajes al trabajo..

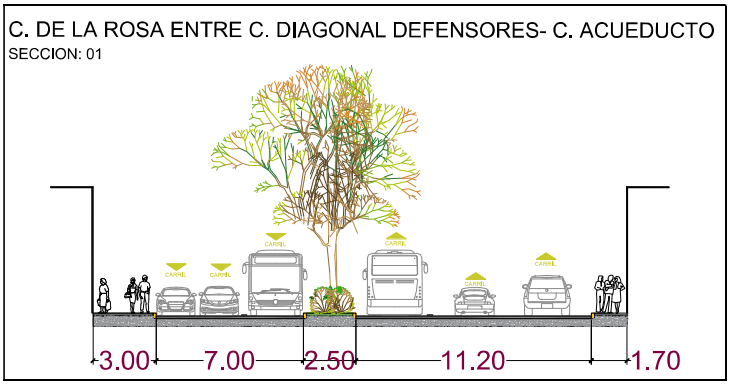
Aforos ciclistas

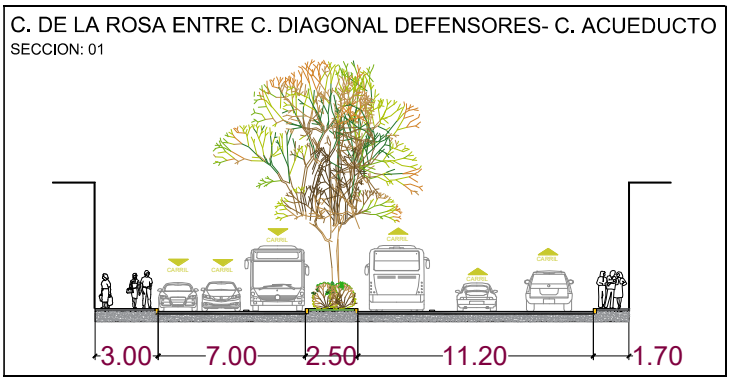
Los aforos ciclistas se realizaron en 25 puntos previamente acordados con el equipo de seguimiento del proyecto, en un periodo de 8 horas (8:00 a 16:00hrs), para un día hábil. Dicha información fue capturada en archivos de Excel.

Los datos resultantes, en complemento de las encuestas de origen y destino a estos usuarios, servirá de insumo para definir el crecimiento de la red de ciclovías. Adicionalmente, se realizó el levantamiento de secciones de una red propuesta por el equipo de seguimiento..

Figura 24. Formato levantamiento de secciones para evaluación de red ciclista







Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el formato utilizado para el estudio de aforo ciclista. En la imagen a continuación se presenta la localización de los puntos de aforo y la relación de estos.

Tabla 17. Formato de aforo ciclista

LABORACIÓN DE UN PLAN DE MOVILIDAD URBANA DE LA ZONA METROPOLITANA DEL ESTADO DE PUEBLA (PMUPU)

Estudio de Conteos de Bicicletas

Ubicación: _____

Periodo _____ Fecha: _____

Aforador: _____

Hora (hh:mm)	Sexo		Edad	Accesorios (1)Casco, (2)Chaleco, (3)Nada	Circulación (**)			
	Hombre	Mujer			hacia el Norte	hacia el Sur	hacia el Ote	hacia el Pte

**: (1) En banqueta, (2) En ciclovía, (3) En arroyo vehicular, (4)En camellón, (5)Sentido Contrario

Fuente: Elaboración propia

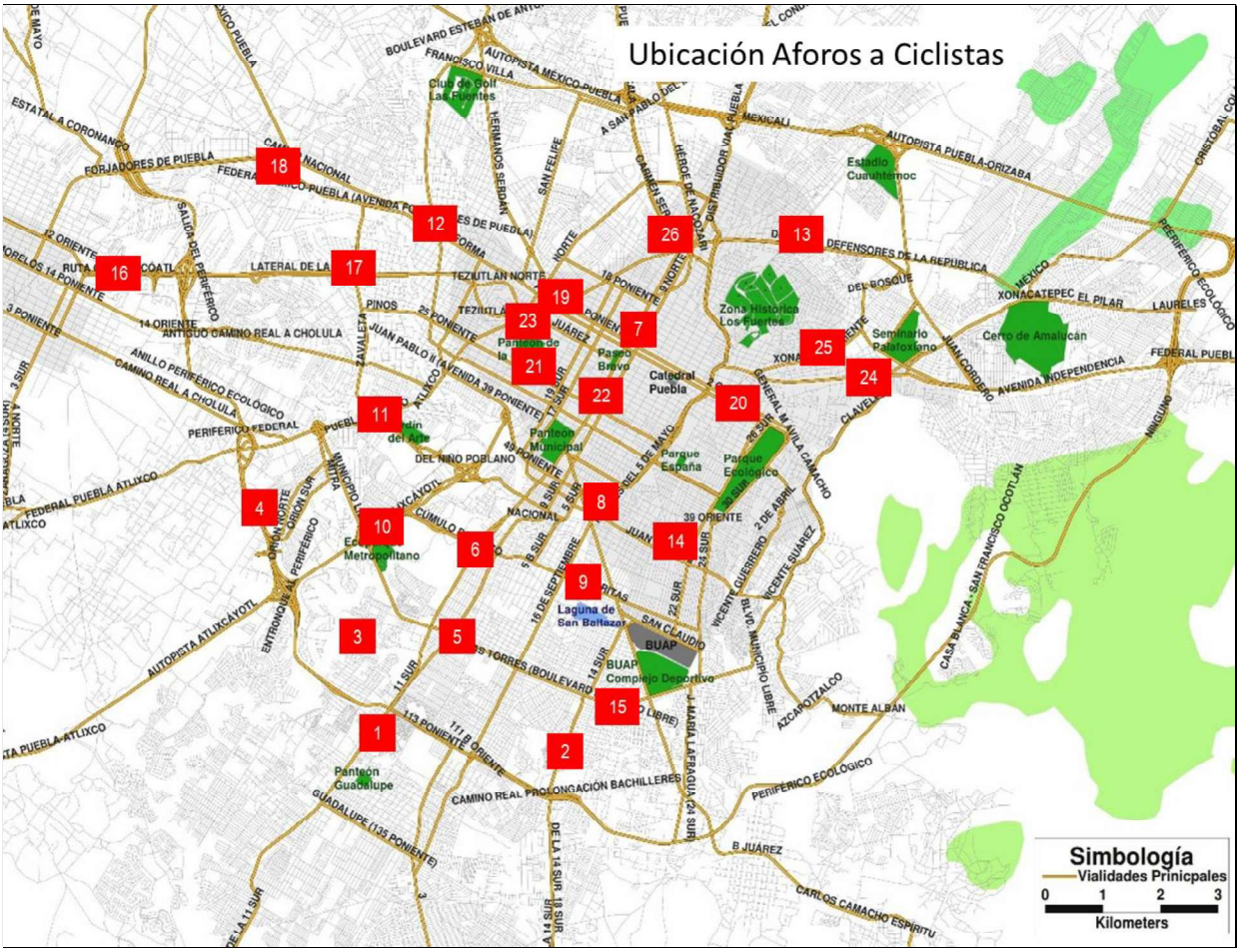
Tabla 18. Relación de ubicación de los puntos de aforo a ciclistas

No.	Ubicación
1	11 Sur y Periférico
2	Prol. De la 14 Sur - 111C Oriente
3	Prol. De la 19 Sur - De las Garzas
4	Periférico - Av. del Jaguey
5	Av. Nacional y Municipio Libre
6	11 Sur y Cúmulo de Virgo
7	11 Norte - 2 Poniente
8	5 Sur y Blvd. Valsequillo
9	Av. Margaritas y Bugambilias
10	Blvd. Atlixcáyotl y Av. Tecnológico (Tec Monterrey)
11	Blvd. Atlixco y Blvd. Del Niño Poblano
12	Prol. de la Reforma - Blvd. Esteban de Antuñano
13	Diag. Defensores de la República y Calz. Ignacio Zaragoza
14	Blvd. 14 Sur y Circuito Juan Pablo Segundo
15	Blvd. Municipio Libre y 77 Oriente
16	Recta a Cholula y De los Pinos
17	Recta a Cholula y Calz. Zavaleta
18	Blvd. Forjadores e Insurgentes
19	Diag. Defensores de la República y 4 Poniente

No.	Ubicación
20	4 Poniente y 5 de Mayo
21	23 Sur y 25 Poniente
22	23 Poniente y 11 Sur
23	Av. Juárez y Tlaxco
24	14 Oriente y 24 Norte
25	Xonaca y 20 Oriente
26	40 Poniente y 13 Norte

Fuente: Elaboración propia

Figura 25. Ubicación de los puntos de aforo a ciclistas



Fuente: Elaboración propia

Aforos de tránsito peatonal

Aun cuando los aforos peatonales no estaban considerados en los alcances del proyecto, se planteó la elaboración de 8 estaciones para un periodo de 8 horas de las 10:00 a 16:00hrs. Los

aforos peatonales son un insumo importante para definir políticas sobre el uso de los espacios públicos para la circulación de las personas, políticas sobre seguridad vial, y programas de inversiones para facilitar la accesibilidad de este grupo de usuarios del espacio vial..

Tabla 19. Formato de aforo de tránsito peatonal

Movilidad
Secretaría de Movilidad y Transporte
POR AMOR A PUEBLA

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MOVILIDAD URBANA DE LA ZONA METROPOLITANA DEL ESTADO DE PUEBLA (PMUPU)

modelistica
www.modelistica.com.mx

Estudio de Aforo Peatonal

Ubicación: _____ Entre Calle y Calle: _____

Sentido: _____ Fecha: _____

Aforador: _____

Periodo		Acceso 1					Sumatoria
hh:mm	hh:mm	1	2	3	4	5	
10.00	10.15						
10.16	10.30						
10.31	10.45						
10.46	11.00						
11.00	11.15						
17.31	17.45						
17.46	18.00						

Fuente: Elaboración propia

Los conteos peatonales se asignaron a la zona histórica del centro de la ciudad de Puebla, donde se identificó una gran cantidad de peatones en la mayoría de sus calles. La relación de los puntos donde se realizó este estudio de relacionan a continuación:

Tabla 20. Ubicación de aforos peatonales

NO.	Calle	Entre	Entre
1	Av. Reforma	3 Sur	Calle 5 de Mayo
2	2 Poniente	3 Norte	Calle 5 de Mayo
3	4 Poniente	3 Norte	Calle 5 de Mayo
4	8 Poniente	3 Norte	Calle 5 de Mayo
5	10 Poniente	3 Norte	Calle 5 de Mayo
6	3 Poniente	3 Sur	Calle 16 de Septiembre
7	2 Norte	Reforma	2 Oriente
8	5 Poniente	3 Sur	Calle 16 de Septiembre

Fuente: Elaboración propia

Tiempo de recorrido y demoras del tránsito general

El estudio de tiempos de recorrido y demoras permite caracterizar el desempeño del sistema de transporte público en su interacción con la vialidad. Contrastando las velocidades entre el transporte público y el transporte privado, en tramos viales comunes, se obtienen conclusiones

que permiten plantear intervenciones para dar preferencia al sistema de transporte público en zonas de mucho congestionamiento; o regular las paradas en aquellos tramos donde hay gran actividad de ascenso y descenso.

Con este estudio se obtendrán los siguientes datos:

- Tiempo de recorrido total y por tramos.
- Velocidades de recorrido, de marcha y de operación,
- Tiempo total de las demoras,
- Causas principales de demora.

Al respecto, es importante destacar que se utiliza equipos GPS a bordo de los vehículos de prueba, lo cual minimiza los errores por la toma de datos, pues de esta forma los registros son automáticos y directamente transferibles a la base de datos. Los periodos pico son los de mayor interés, por lo que se realizará en este periodo. De acuerdo con la experiencia se acepta comúnmente que esta es una observación suficiente para hacer una inferencia confiable de las características operacionales de las vías. El estudio se realizó a lo largo de los principales corredores de la ciudad, aproximadamente 105 kilómetros de red vial por sentido, para tener un total de 210km en ambos sentidos. Adicional a llevar el control con los equipos de GPS, se levanta información de manera manual en la planilla que se presenta a continuación:

Tabla 21. Planilla para el estudio de tiempos de recorrido y demoras

Movilidad
Secretaría de Movilidad y Transporte
POR AMOR A PUEBLA

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MOVILIDAD URBANA DE LA ZONA METROPOLITANA DEL ESTADO DE PUEBLA (PMUPU)

modelística
www.modelistica.com.mx

VELOCIDADES Y TIEMPOS DE RECORRIDO

Nombre de la vialidad: _____ **Recorrido No.** _____
Hora de inicio: ____ : ____ **Fecha:** _____
Hora de terminación: :

No.	TIEMPO DEL RECORRIDO				
	Punto de control	Long. (km)	H	M	S
1					
2					
3					
19					
20					

DEMORAS		
Ubicación	Tiempo (seg)	Causa

OBSERVACIONES

	E	B	R	M	P
Señalamiento vertical.....					
Señalamiento horizontal.....					
Estado físico del pavimento...					
Alumbrado público.....					

E = Excelente; B = Bueno; R = Regular; M = Malo; P = Pésimo

CAUSAS:

S = Semáforos	SA = Señal de alto o Ceda el Paso
C = Congestionamiento	VI = Vuelta a izquierda
AD = Ascenso/descenso de pasajeros	VD = Vuelta a derecha
ED = Estacionamiento en doble fila	ES = Entrada/salida de vehículos
P = Cruce de peatones	VE = Vehículos estacionados
	O = Otras

COMENTARIOS: _____

Fuente: Elaboración propia

Este estudio se hará por el método del vehículo flotante, que consiste en circular un vehículo de monitoreo dentro del flujo de tránsito normal, buscando que la conducción represente las condiciones típicas promedio de la vialidad. En la tabla a continuación, se presenta las vialidades y tramos en que se desarrolló el estudio de velocidades y tiempos de recorrido

Tabla 22. Ubicación de aforos peatonales

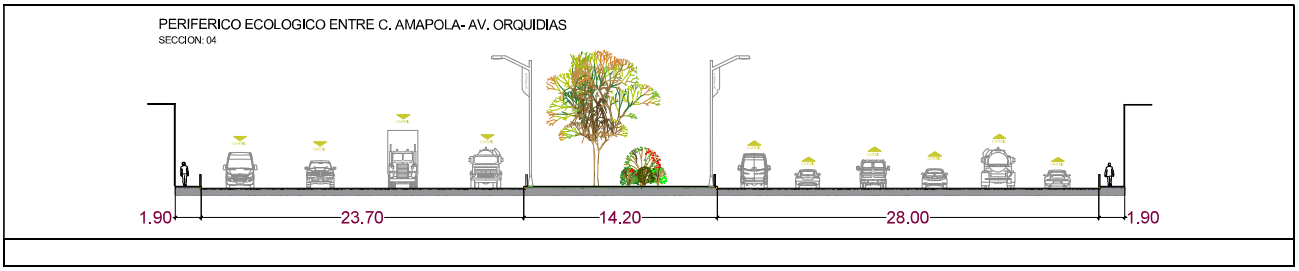
Calle	Tramo	Tramo	Longitud
Vía Atlixcáyotl	Periférico	Circuito Juan Pablo II	5.00
11 Norte - Sur	Periférico	Diagonal Defensores de la República	12.00
Recta a Cholula - Av. Juárez	Periférico	13 Sur (Paseo Bravo)	8.00
Blvd. Forjadores - Reforma	Periférico	Calle 26 Sur	12.00
Blvd. Hermanos Serdán	Autopista Mexico-Puebla	Blvd. Norte	5.00
Blvd. Atlixco - Blvd. Norte - Blvd. 5 de Mayo - Blvd. Juan Pablo II	Periférico	Blvd. Atlixco	20.00
Av. 14 Oriente	Periférico	Blvd. 5 de Mayo	8.00
Calle 20 Ote-Blvd. Xonaca-De la Rosa	calle 54 Norte	Blvd. 5 de Mayo	4.00
3 Sur-Norte	Blvd. 5 de Mayo	Blvd. 5 de Mayo	4.00
Blvd. Carmen Serdán - Carr. Puebla-Tlaxcala	Calle Benito Juárez	Diagonal Defensores de la República	6.00
Blvd. Carlos Camacho Espíritu - Blvd. Valsequillo	11 Sur	San Francisco Teotimehuacán (centro)	9.00
Diagonal Defensores de la República	Periférico	Av. Juárez	12.00

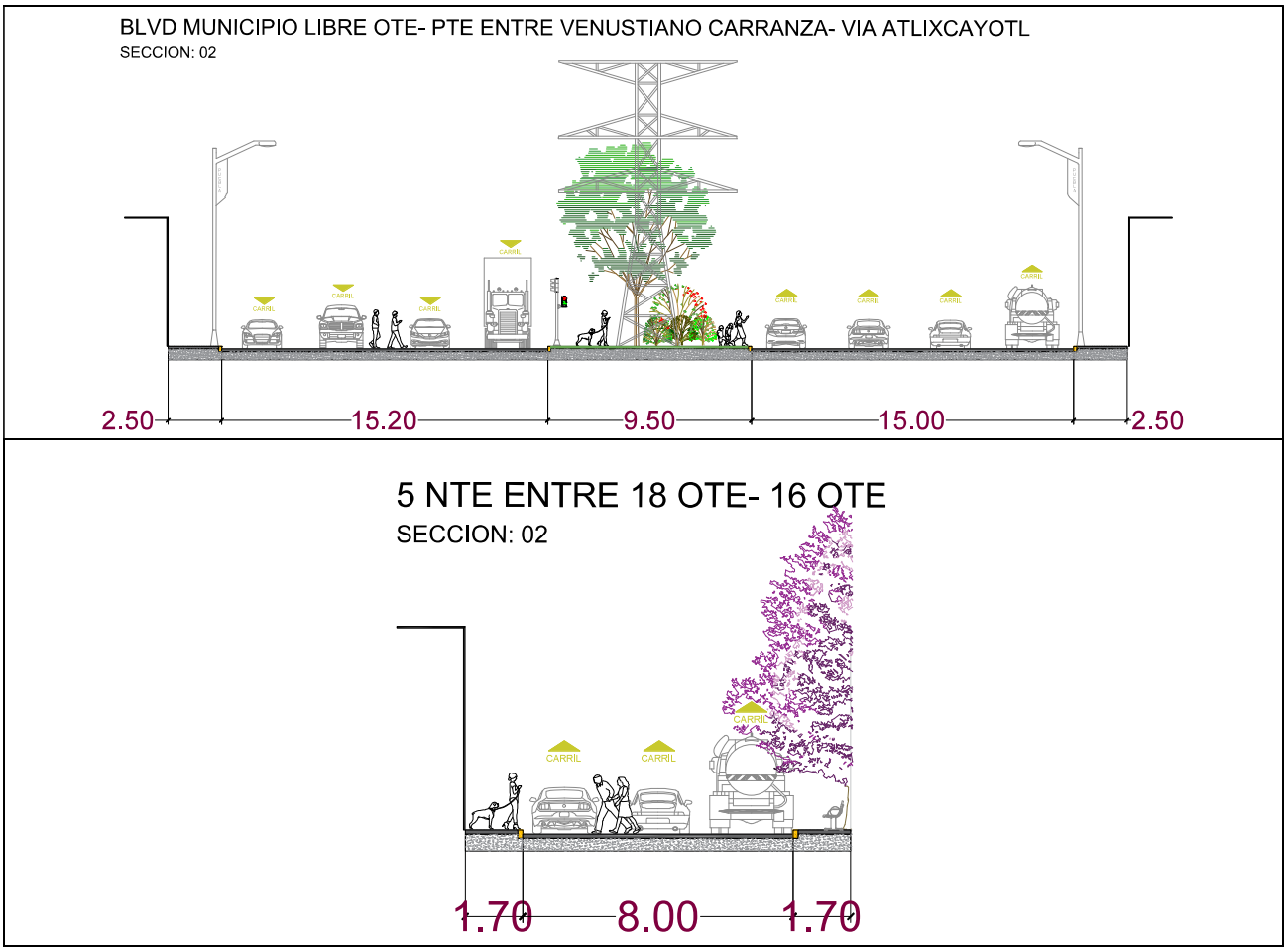
Fuente: Elaboración propia

Levantamiento de Secciones viales

En los corredores más importantes, se hicieron levantamientos con distanciómetro digital (rayo láser) para conocer las características físicas de las secciones transversales representativas. En etapas futuras, estas secciones se convertirán en la pauta para mejoras operacionales o cambios físicos en dichas vialidades. En la imagen a continuación, se muestra ejemplos de secciones trasversales inventariadas.

Figura 26. Secciones transversales sobre los principales ejes viales





Fuente: Elaboración propia

3.4.4 Componente de transporte público

Se realizará en la próxima etapa un diagnóstico técnico resumido de las condiciones actuales de la operación del transporte público de pasajeros de la zona de estudio, con base en los estudios técnicos, de inventario y acopio e información documental recopilada. Las conclusiones de este serán la base fundamental para el planteamiento de estrategias que mejoren el transporte público, así como la generación de las alternativas de configuración de la nueva red de transporte público.

3.4.4.1 Oferta de transporte público

Los trabajos de campo se basaron en parte en la información existente en Dependencias de Gobierno como la Secretaría de Movilidad y Transporte y Carreteras de Cuota de Puebla – CCP, en donde se administra el sistema de la Red Urbana de Transporte Articulado - RUTA. Con la información recolectada, se está en la capacidad de entregar al menos los siguientes productos:

- Cantidad de rutas clasificadas por funcionalidad.
- Croquis de derroteros de transporte público, con su longitud, vialidades utilizadas, sentidos de circulación, etc.
- Cobertura de la red, con lo cual se podrán identificar las áreas que no son atendidas y aquellas que cuentan con sobreoferta.
- Frecuencias e intervalos de servicio.
- Horarios de servicio.
- Accesibilidad al sistema: distancias de caminata al paradero, tiempos de espera, etc.
- Kilometraje recorrido por unidad por día.
- Puntos generadores y atractores de la red de transporte público.
- Velocidades de operación.
- Tiempos de ciclo, de recorrido, de paradas, de espera en terminal, entre otros.
- Tiempos de demora y sus causas.

Inventario de rutas y derroteros

Se realizó el estudio de Inventario de Rutas para conocer qué servicios se prestan en la zona de estudio. Las rutas evaluadas ascienden aproximadamente 164 rutas convencionales de acuerdo con lo recopilado. Adicionalmente, con la información documental proporcionada por Carreteras de Cuota de Puebla, se tienen 43 líneas del sistema de la Red Urbana de Transporte Articulado –RUTA.

A partir del levantamiento en campo, se determina la ubicación de las bases (cierres de circuito) de las rutas. Para la verificación de los derroteros de las rutas, se realizaron recorridos en cada una de ellas con equipos GPS, identificando las calles y sentidos de circulación de éstas.

Un aspecto importante de la información recopilada durante el inventario de rutas es la ubicación de los puntos de parada del sistema de transporte público. Sin embargo, en el caso particular de Puebla, los puntos de parada no están definidos claramente y la operación es realizada con el sistema de paradas continuas o paradas a petición. La información de los puntos de parada o de control de los recorridos inventariados será utilizada para la encuesta de Ascenso y Descenso.

El resultado de esta actividad será:

- Determinación de bases y derroteros de las rutas

- Determinación de puntos de parada o puntos de control predefinidos para el sistema.

Esta información es cargada en la base de datos del Sistema de Información Geográfica –SIG. Para este proceso es necesario realizar ajustes y actualizaciones a la red vial básica, de tal forma que se integre una base de datos que contenga información básica como:

- Nombre de la ruta (origen y destino),
- Longitud,
- Ubicación de terminales y/o cierres de circuito,
- Derrotero (recorrido)

Una vez que la información de todos los recorridos sea verificada y actualizada en el sistema de información geográfica (TransCAD), se podrán elaborar los planos siguientes:

- Cobertura de la red, con lo cual se podrán identificar las áreas que no son atendidas, de acuerdo con parámetros de distancias de caminata comúnmente utilizados (accesibilidad al sistema).
- Superposición y concentración de rutas en corredores y áreas específicas de la ciudad.

La planilla a utilizar en campo es la que se muestra a continuación. En caso de ser necesario, se utilizaron GPS para la obtención de los derroteros de las rutas o ramales de la zona de influencia del proyecto.

Tabla 23. Formato de verificación de recorrido de ruta

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MOVILIDAD URBANA DE LA ZONA METROPOLITANA DEL ESTADO DE PUEBLA (PMUPU)

VERIFICACIÓN DE RECORRIDOS DE RUTAS

Ruta: _____ Agrupación: _____

Base Origen: _____ Base Destino: _____

Hora de Salida: hora/min _____ Hora de Llegada: hora/min _____ Costo $ _____

Aforador: _____ Fecha: día/mes/año _____ Tipo Veh _____

Calle por donde circula	Calle de Cruce	Mov.

Movimientos: *I = Inicio de Recorrido* *F = Continua de frente* *VI = Vuelta Izquierda*
T = Terminación de Recorrido *VD = Vuelta Derecha* *VU = Vuelta en "U"*

Fuente: Elaboración propia

Varios comentarios acerca de esta relación deben hacerse y deben tomarse como ciertos para el resto del estudio:

1. La numeración o codificación aquí empleada fue asignada por el consultor para el control de derroteros. Esta es la codificación que se utilizará durante todo el proyecto, por lo que cualquier mención al número de una ruta específica corresponderá a este inventario.
2. Si bien las rutas definitivas convencionales son 163, los códigos de ruta llegan hasta el número 164. Esto sucede porque en el proceso de levantamiento algunos derroteros fueron inventariados, pero más tarde fueron declarados como inexistentes, piratas o ya habían sido codificados. Esto es perfectamente normal en esta clase de estudios dado que la dinámica de la oferta y la demanda de transporte público es cambiante y se necesitan varias visitas en campo para asegurarse que la información es la correcta. El código que fue eliminado del inventario es el: 46.
3. La mayoría de las rutas tienen dos sentidos: ida y regreso. La ida hace referencia al trayecto que transporta la mayor demanda en la hora pico de la mañana. Usualmente es el sentido desde la periferia de la ciudad hacia el centro de la misma, o desde zonas dormitorio a centros atractores de demanda (sitios de empleo, industrias, oficinas, colegios, hospitales, etc.). Por su parte, el sentido de regreso es el trayecto contrario. Adicionalmente, ciertas rutas son del tipo

conocido como circular. Estos son derroteros que no tienen un sentido definido, sino que su trayecto termina en el mismo sitio donde comenzó.

En la tabla a continuación se presentan las rutas convencionales identificada

Tabla 24. Relación de rutas convencionales

Código	Nombre de Ruta	Origen	Longitud completa (km)
1	R-5	Suburbia	16.64
2	R-5	Lomas de San Miguel	39.14
3	R-6	Paseo Noria	31.06
4	R-6	Centro	20.9
5	R-8	Ramal 3 Fraccionamiento Santa Rosa	28.88
6	R-8	San José Chamullo	39.05
7	R-27	CAPU	17.66
8	R-27	Centro	24.91
9	R-28	Centro	26.43
10	30-A	Misiones	45.97
11	R-54	Centro	35.92
12	R-55	Bugambilias - Aquiles Serdán	59.15
13	R-72	14 Sur (Maravillas)	38.6
14	R-72	Xilotzingo	40.58
15	R-72 A	Misiones	56.37
16	R-Azumiatla	Azumiatla-Centro	58.01
17	R-Loma Bella	Loma Bella	40.48
18	R-4	Constitución Mexicana	28.86
19	R-4	Agua Santa	32.55
20	3 Estrellas	Mercado Hidalgo	36.07
21	R-21	Malintzi	46.97
22	R-61 A	Aquiles Serdán	45.79
23	R-63	Lomas del Sol	51.43
24	R-76	FINSA-Libertad	45.44
25	R-Apango	Relámpago-Amozoc	55.89
26	CREE Madero	CREE MADERO	36.57
27	Línea Periférico	Ramal Plaza San Diego-CU	55.22
28	R-11	Ramal FOVI-Suburbia	31.84
29	R-11	Ramal Loma Bonita-San Alejandro	30.29
30	R-11	Ramal Vista del Valle	30.29
31	R-12 A	Ramal Solidaridad-Soriana	26.84
32	R-18	Ramal Casa Blanca-Paseo Bravo	29.97
33	R-18	Ramal Flor del Bosque-Paseo Bravo	28.42
34	R-19	Ramal Unidad Tecnológica - 4 Norte	25.48
35	R-23	Ramal Gonzalo - Centro	17.82
36	R-23	Ramal Salvador - Centro	20.05
37	R-24	Ramal Manantiales-Xonaca	33.56

Código	Nombre de Ruta	Origen	Longitud completa (km)
38	R-27 A	Ramal Solidaridad-Paseo Bravo	19.29
39	R-35	Ramal Villa	23.61
40	R-35	RE-Trazo Ramal Cristo Rey	19.7
41	R-San Andrés	Ramal Zapata- Angelópolis	28.64
42	R-San Andrés	Ramal Zapata-Camino Real	27.73
43	R-San Andrés	Ramal Zapata-Ciudad Judicial	25.5
44	R-Santa Lucia	Ramal Santa Lucia	34.71
45	R-Tlaltepango	Ramal Josefina-Centro	19.73
47	R-Tlaltepango	Ramal Centro-Canal	19.73
48	R-Tlaxcalancingo	Ramal-Tlaxcalancingo	40.05
49	R-1	Amalucan	22.2
50	R-2A	2 de marzo	34.01
51	R-3A	Zaragoza	24.67
52	R-3	Zavaleta	33.04
53	R-3	Angelópolis	30.73
54	R-14A	La Loma- Tlaxcalancingo	58.05
55	R-14A	La Loma-Cacalotepec	51.41
56	R37	Lagunillas	20.59
57	R-38	San José de los Cerritos	31.47
58	R-38A	San Aparicio	31.63
59	R-58	Tlilostoc	27.62
60	R-Azteca	San Esteban	62.64
61	R- Azteca	Encinar	55.53
62	R- Azteca	Miguel Hidalgo	45.71
63	R-M8	Infonavit Santiago	31.31
64	R-Tecali o Valsequillo	Ruta T	23.53
65	R-M2		38.06
66	R-M1	Ramal Concepción	38.41
67	R-M1	Ramal Oasis	25.38
68	R-M1	Ramal San José	37.45
69	R-M1	Ramal Tetepa-Principal	39.17
70	R-45A	Atlixcáyotl	30.44
71	R-45A	CU	18.03
72	R-NGA	San Sebastián	33.85
73	R-NGA	Niño Poblano	32.47
74	R-NGA	Geo villas	34.85
75	R-NGA	CAPU	42.09
76	R-33	Angelópolis	29.98
77	R-33	Paseo Bravo	24.72
78	R-33	San José	32.17
79	R-10B	Ramal San Jerónimo- Héroes	49.51
80	R-10B	Ramal San Jerónimo- Santa Clara	46.49
81	R-29	Ramal CU	27.85

Código	Nombre de Ruta	Origen	Longitud completa (km)
82	R-44	Ramal Penitenciaria	37.93
83	R-52	Bosques San Sebastián	34.8
84	R-54A	Ramal La Vista	56.22
85	R-61A	Ramal Barranca La Noria	40.46
86	R-65	FINSA	42.18
87	R-65	Ocotlán	35.89
88	R-68	Ramal Amalucan (Naranja)	31.1
89	R-68	Ramal Bosques (Bosques)	34.08
90	R-68	Ramal Jardines (Verde)	29.14
91	R-68	Ramal Xonacatepec (Amarilla)	30.96
92	R- Directo a Cholula	Ramal Atzompa	44.97
93	R- Directo a Cholula	Ramal Chipilo	56.57
94	R- Directo a Cholula	Ramal Cholula	30.85
95	R-M17	Ramal Centro Carretera Plaza	30.03
96	R-M17	Ramal Centro Galaxia Bosques	29.12
97	R-M17	Ramal Centro Tiloxtoc	29.54
98	R- Malacatepec	Ramal Malacatepec	43.72
99	R-S3	Ramal Tepela Centro	46.51
100	R-S11	Ramal Nihuacan	47.53
101	R-UTP	Ramal Central de Abastos	9.6
102	R-Enlace 2010	Santa Catarina	44.06
103	R-Enlace 2010	San Francisco Totimehuacán	28.15
104	R-Remanente 1	Verdes	41.09
105	R-Remanente 1	Rojos	57.77
106	R-44	Guadalupana	60.07
107	R-S12	Ramal Cuanala	53.92
108	R-S12	Ramal León	46.91
109	R-S16	Camino Real San Cosme	38.09
110	R-S16	Ramal Coronango	35.57
111	R-S16	Ramal Santa Barbara	37.6
112	R-M21	Estadio Cuauhtémoc	26.12
113	R-M21	Ramal San Sebastián Aparicio	21.66
114	R-M21	Ramal Tlaltepango	21.98
115	R-M21	Ramal Xaxahuen	25.43
116	R-12	Ramal Barranca Honda	29.18
117	R-50	Ramal CU	31.64
118	R-46	Ramal San Baltazar	33.39
119	R-70	Ramal Alseseca	29.56
120	R-70	Ramal Dorada	5.38
121	R-M22	Ramal Galaxia	35.68
122	R.M28	Ramal Caminos	36.58
123	R.M28	Ramal Torres Bodet	38.81
124	R-S19	Ramal FINSA	43.13

Código	Nombre de Ruta	Origen	Longitud completa (km)
125	R-S19	Ramal Misiones	40.05
126	R-S25	Ramal Aeropuerto	64.91
127	R-S25	Ramal Guadalupe	47.03
128	R-S25	Ramal Jose Ángeles	43.41
129	R-S25	Ramal San Lucas	47.44
130	R-S25	Ramal Tlaltenango	70.2
131	R-S25	Ramal Zacatepec	48.52
132	R- Fabricas Xonaca	Ramal Barranca Honda	23.66
133	R-Coordinados de San Jerónimo	Ramal Santa Cruz	37.58
134	R-86	Ramal Las Vegas-Amozoc Centro	42.45
135	R-S14A	San Gregorio Atzonpa	46.28
136	R-S14A	Ramal Tepontlá	37.47
137	R-23	Ramal Coapa	48.33
138	R-67	Ramal Chachapa	33.78
139	R-M7	Carretas	28.74
140	R-M7	Arcos	25.89
141	R-M6B	Ramal 4 Caminos	32.54
142	R-M6A	Ruta M6a	29.75
143	R-26	El Carmen	45.15
144	R-26A (Rojos)	Sanctorum	26.55
145	R-26A (Rojos)	Villa Olímpica	45.84
146	R-64A	Capulín	24.84
147	R-64A	San Juan	23.68
148	R-23A	Clavijero	23.02
149	R-23A	Histiadores	19.12
150	R-23A	Encinar	21.5
151	R-JBS	Ramal Clavijero	53.91
152	R-JBS	Ramal Paraíso- La Libertad	48.89
153	R-JBS	Ramal Pueblo Nuevo- Santa Mago	55.12
154	R-Pirámides	San Antonio Cholula	30.27
155	R-41	20 Pte	48.56
156	R-41	13pte	46.92
157	R-64B	Ramal Loma Bonita	23.43
158	R-64B	Ramal Loma Linda	22.99
159	R64C	Ramal Barranca Honda	26.26
160	R-25 NVE (Ruta Antorcha Campesina)	Santa Lucia	20.59
161	R-25 NVE (Ruta Antorcha Campesina)	CIS	30.3
162	R-25 NVE (Ruta Antorcha Campesina)	Minerales	36.51
163	R-25 NVE (Ruta Antorcha Campesina)	San Felipe	49.42

Código	Nombre de Ruta	Origen	Longitud completa (km)
164	R-25 NVE (Ruta Antorcha Campesina)	Mercado Independencia	17.78

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se presentan la relación de las rutas del sistema de la Red Urbana de Transporte Articulado – RUTA

Tabla 25. Relación de rutas del sistema RUTA

Línea	Código	Ruta	Servicio	Longitud completa (km)
1	R1	Chachapa - Tlaxcalancingo	Troncal	36.60
1	R2	A1	Alimentadora	20.64
1	R3	A2	Alimentadora	18.10
1	R4	A3	Alimentadora	14.80
1	R5	A4	Alimentadora	12.30
1	R6	A6	Alimentadora	43.70
1	R7	A6a	Alimentadora	43.70
1	R8	A8	Alimentadora	47.40
1	R9	A9	Alimentadora	32.00
1	R10	Chachapa-Centro	Troncal	21.00
1	R11	Tlaxcalancingo-Centro	Troncal	17.30
2	R12	Margaritas - Diagonal	Troncal	26.20
2	R13	Limones - Diagonal	Troncal	27.80
2	R14	A21	Alimentadora	6.20
2	R15	A22	Alimentadora	5.70
2	R16	A23	Alimentadora	5.80
2	R17	A24	Alimentadora	5.50
2	R18	A24 RAMAL	Alimentadora	4.70
2	R19	A25	Alimentadora	8.50
2	R20	A26	Alimentadora	9.40
2	R21	A26 RAMAL	Alimentadora	10.05
2	R22	A28	Alimentadora	10.20
2	R23	A29	Alimentadora	14.98
2	R24	A30	Alimentadora	8.60
2	R25	A31	Alimentadora	14.70
2	R26	A32	Alimentadora	13.10
2	R27	A33	Alimentadora	7.50
2	R28	A35	Alimentadora	10.10
2	R29	A36	Alimentadora	14.47
3	R30	Valsequillo - CAPU	Troncal	29.40
3	R31	Valsequillo - Alpha	Troncal	15.00
3	R32	301	Alimentadora	19.29

Línea	Código	Ruta	Servicio	Longitud completa (km)
3	R33	302	Alimentadora	9.09
3	R34	303	Alimentadora	11.30
3	R35	304	Alimentadora	10.90
3	R36	306	Alimentadora	21.85
3	R37	307	Alimentadora	14.40
4	R38	FINSA - Valsequillo	Troncal	61.15
4	R39	Integradora 1	Alimentadora	26.10
4	R40	Integradora 2	Alimentadora	42.80
4	R41	Integradora 2A	Alimentadora	5.50
4	R42	Integradora 3	Alimentadora	10.50
4	R43	Integradora 4	Alimentadora	21.90

Fuente: Elaboración propia

Despachos en Terminales

Se realizará el estudio de Despacho en Terminales. Este estudio se realizará en rutas seleccionadas del Inventario de Rutas durante un período de al menos 8 horas (periodo matutino – periodo vespertino).

Este estudio consiste en identificar la siguiente información:

- Hora de salida, despacho o paso de las unidades
- Ruta
- Tipo de Vehículo
- Ocupación del vehículo a la salida o en el punto de control

Tabla 26. Formato de despacho en terminal

Movilidad
Secretaría de Movilidad y Transporte
POR AMOR A PUEBLA

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MOVILIDAD URBANA DE LA ZONA METROPOLITANA DEL ESTADO DE PUEBLA (PMUPU)

modelistica
www.modelistica.com.mx

DESPACHOS EN TERMINAL

Ubicación de terminal: _____

Rutas en esta terminal: _____ Hoja: _____ de: _____

Aforador: _____ Fecha: día/mes/año

Hora (HHmm)	Ruta o Ramal	Número Pasajeros	Tipo de Unidad	Hora (HHmm)	Ruta o Ramal	Número Pasajeros	Tipo de Unidad

A= Autobús(40 Asientos) y 60 Pas Máximo M= Microbús(24 Asientos) y 40 Pasajeros Máximo C= Combi o Van (16 Asientos)

Fuente: Elaboración propia

A través del estudio de despacho en terminales, fue posible identificar la frecuencia para la hora pico de la mañana la cual se integra en la tabla a continuación. De igual manera con los programas de operación del sistema RUTA, se consigue determinar la frecuencia para cada una de las rutas de este sistema.

3.4.4.2 Demanda de transporte público

Los trabajos de campo de esta sección están encaminados a generar los siguientes productos:

- Polígonos de carga por ruta y por sentido.
- Secciones de carga máxima.
- Pasajeros-kilómetro de cada ruta por sentido.
- Distancia promedio de viaje por pasajero, por unidad, por ruta.
- Demanda de servicio por parada.
- Variación horaria de la oferta y la demanda en los puntos de Frecuencia - Ocupación.
- Líneas de deseo de viajes
- Volumen de pasajeros transportados.
- Volúmenes de ocupación de las secciones de carga máxima por ruta, por sentido.
- Índice de rotación por ruta, por unidad, por sentido.

- Estimación global de la demanda en sus diferentes modalidades: urbana y suburbana
- Matriz O-D para las horas de máxima demanda (principales orígenes y destinos de viajes de los usuarios).
- Paradas importantes.
- Usuarios del sistema.
- Valoración del tiempo invertido en transporte.
- Porcentaje de sus ingresos destinado al transporte urbano.

Frecuencia y Ocupación Visual

El aforo de Frecuencia – Ocupación Visual determina la oferta y demanda de las rutas en estudio, en ubicaciones estratégicas, así como la información necesaria para la determinación de los factores de expansión para otros estudios, en términos de pasajeros y vehículos.

Se seleccionaron 20 puntos representativos de la red vial del sistema de transporte, en los que se tomaron datos durante 16 horas (entre 6:00 y 22:00) en un día hábil y la misma cantidad de puntos para el fin de semana. En ellos se tomaron la frecuencia de paso de vehículos por ruta (número de vehículos por hora), y la ocupación promedio (número de pasajeros) de los mismos. Los puntos donde se realizaron las observaciones fueron validados por las autoridades y están distribuidos de tal forma que permitan recabar información confiable en el área de estudio. El resto de la información operacional deberá ser completada con los estudios de despacho en terminales. La elaboración de estaciones de frecuencia de paso y ocupación vehicular en fin de semana es necesaria para el modelo financiero y otras actividades, como los programas de operación del sistema de transporte público y cálculo de kilómetros anuales, etc.

El estudio de frecuencia y ocupación visual permite obtener, principalmente, información sobre la variación de la demanda a lo largo del día. Además de la carga en puntos específicos, este estudio permite obtener información sobre la flota operacional, los intervalos de paso y la frecuencia horaria (contrastar esta información contra la obtenida en las observaciones de despacho permite sacar conclusiones sobre deficiencias operacionales)..

Cabe destacar que la información generada tanto en el estudio de ascenso y descenso de pasajeros como en este de frecuencia y ocupación visual se usa para calibrar el modelo de transporte TRANUS, uno de los paquetes informáticos de última generación que la empresa utiliza para la evaluación de los escenarios.

La planilla para observaciones en campo se presenta en la figura siguiente:

Tabla 27. Formato del estudio de Frecuencia - Ocupación

Movilidad
Secretaría de Movilidad y Transporte
POR AMOR A PUEBLA

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MOVILIDAD URBANA DE LA ZONA METROPOLITANA DEL ESTADO DE PUEBLA (PMUPU)

modelistica
www.modelistica.com.mx

FRECUENCIAS Y OCUPACIÓN VISUAL DE TRANSPORTE PÚBLICO

Punto de observación: _____

Sentido: _____ Hoja: _____ de: _____

Aforador: _____ Fecha: día/mes/año

Hora HHmm	Ruta o Ramal	Número Pasajeros	No. Económico	Tipo de Unidad	Hora HHmm	Ruta o Ramal	Número Pasajeros	No. Económico	Tipo de Unidad

A= Autobús(40 Asientos) y 60 Pas Máximo M= Microbús(24 Asientos) y 40 Pasajeros Máximo C= Combi o Van (16 Asientos)
AA= Articulado (46 Asientos) y 160 Pas Máximo P= Padrón (30 Asientos) y 90 Pas Máximo

Fuente: Elaboración propia

La ubicación de los puntos de frecuencia y ocupación visual se relaciona a continuación; adicionalmente, se presentan los días en que fueron estudiados cada uno de los puntos para día hábil, sábado o domingo y se presentan gráficamente en la figura siguiente:

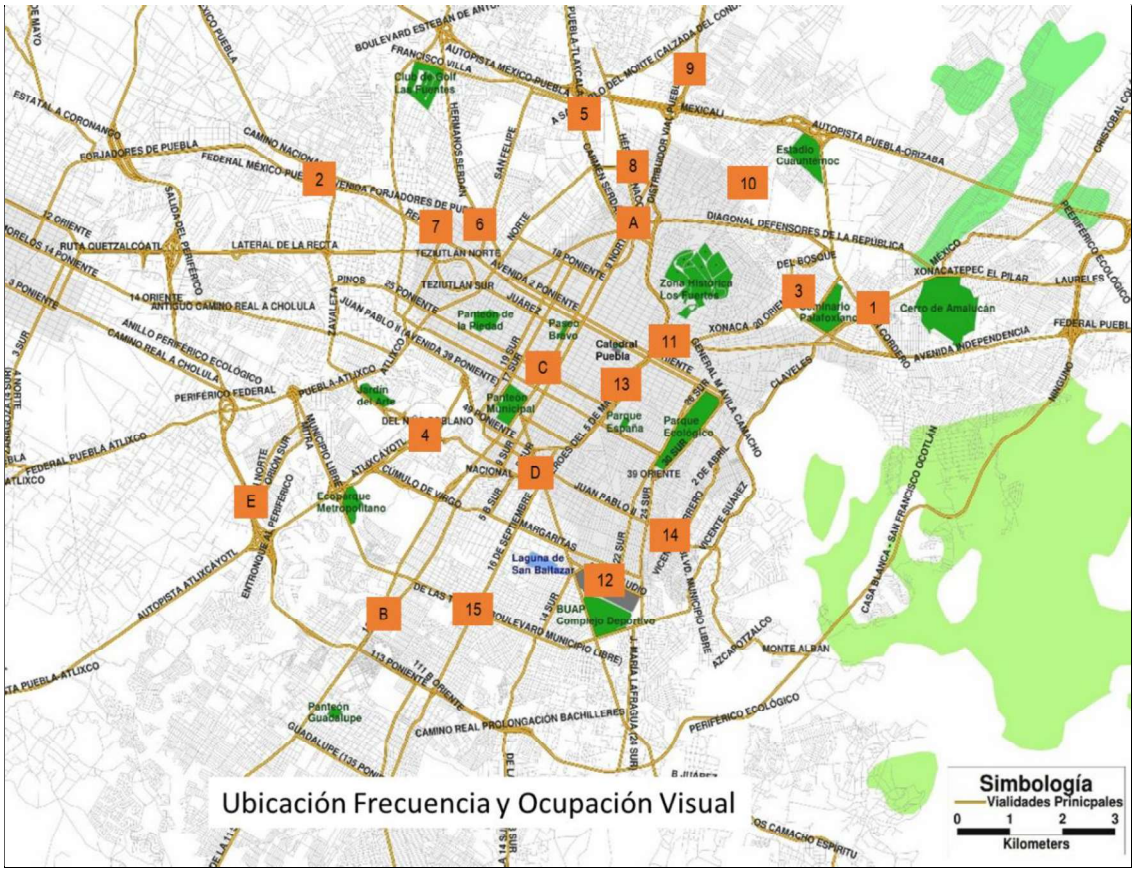
Tabla 28. Ubicación de los puntos del estudio de frecuencia de paso y ocupación visual

No.	Ubicación		Día de estudio		
	Calle principal	Calle de cruce	Hábil	Sábado	Domingo
1	AV. TECAMACHALCO-INDEPENDENCIA	PLAZA DEL CARMEN	SI		
2	BLVD. FORJADORES	CALZADA ZAVALETA	SI	SI	SI
2	PROPUESTA 2 XONACATEPEC		SI		
3	ATLIXCAYOTL	BLVD. DEL NIÑO POBLANO	SI		
4	BLVD. CARMEN SERDAN	ATILAC	SI		
5	BLVD. HNOS SERDAN	BLVD SAN FELIPE	SI	SI	SI
6	AVENIDA REFORMA	TEZIUTLAN SUR	SI		
7	HEROES DE NACOZARI	BLVD. 5 DE MAYO	SI		
8	CARRET. VIA CORTA SANTANA	AV. 104 PTE	SI	SI	SI
9	ZARAGOZA-CORREGIDORA		SI	SI	SI
10	AV. 14 OTE (XONACA)	BLVD. 5 DE MAYO	SI	SI	SI
11	AV. SAN CLAUDIO	RIO SALADO	SI		
12	11 OTE	BLVD 5 DE MAYO	SI	SI	SI
13	AV. FIDEL VELAZQUEZ	VICENTE GUERRERO	SI		
14	16 DE SEPTIEMBRE-MUNICIPIO LIBRE	AV TEPEACA	SI		
A	1 RUTA Defensores-Nacozari		SI	SI	SI

No.	Ubicación		Día de estudio		
	Calle principal	Calle de cruce	Hábil	Sábado	Domingo
B	2 RUTA 11 Sur-105Pte		SI	SI	SI
C	2 RUTA 11 Sur-25 Pte		SI		
D	3 RUTA Valsequillo-Juan Pablo II		SI	SI	SI
E	4 RUTA Periférico Ciudad Judicial		SI	SI	SI

Fuente: Elaboración propia

Figura 27. Ubicación de los puntos del estudio de frecuencia de paso y ocupación visual



Fuente: Elaboración propia

Estudios de Ascenso – Descenso

Sobre las rutas de transporte público, se definen tramos entre dos puntos de parada y se cuentan los ascensos (número de pasajeros que suben) y los descensos (número de pasajeros que bajan de la unidad), así como los tiempos de recorridos entre las paradas y el tiempo de permanencia para realizar el movimiento de ascenso y descenso en cada una de ellas.

Es típico, cuando no se tiene experiencia en estos trabajos, que el estudio se haga registrando los pasajeros que suben y bajan en cada parada. Esta situación es ideal en casos en los que los usuarios y operadores respetan las paradas claramente establecidas y reguladas. Sin embargo,

en la ciudad de Puebla la operación de ascenso y descenso se realiza de manera informal, casi en cualquier lugar a lo largo de la ruta, por lo cual es recomendable hacer una "tramificación".

La tramificación de la red permite "estandarizar" el espacio vial para hacer las observaciones de ascenso y descenso sobre una misma referencia geográfica.

Las ventajas que tiene este proceso son las siguientes:

- Siempre se tendrá la misma referencia geográfica, no importando la ruta que pase por el tramo.
- Permite una "agregación muy rápida de la información" facilitando el manejo de los datos. Pasajeros que produce el tramo T es igual a la sumatoria de todos los pasajeros que suben en ese tramo (de todas las rutas). De la misma forma los pasajeros atraídos es la suma de todos los pasajeros que bajan.
- No hay que estar "adivinando" paradas durante el procesamiento de la información.
- Los tramos están asociados a los límites de las zonas de análisis de transporte (ZAT) lo cual facilita el proceso de calibración de matrices de origen y destino.
- Al tener estos datos geo-referenciados en el SIG, así como los datos de demanda en cada uno de ellos, es posible producir de manera ágil mapas temáticos de demanda.
- Tiempos de recorrido
- Nivel de ocupación por unidad en los tramos de carga máxima.
- Demanda total por tramo (para identificar tramos de carga máxima y mínima)

Las observaciones se hacen a bordo de la unidad, con una persona en cada puerta, con lo cual se controlan los ascensos y descensos. Adicionalmente, la persona de la puerta trasera realiza el estudio de tiempos y demoras. Para ello registrará los tiempos y las causas de demoras o paradas más frecuentes en el servicio de transporte público. El estudio se hará para las rutas detectadas en el Inventario de Rutas. Para ello se realizarán recorridos por ruta en el periodo pico de la mañana.

A continuación, se presentan los formatos utilizados para la elaboración del estudio de ascenso y descenso:

Tabla 29. Formato de Ascenso – Descenso puerta delantera

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MOVILIDAD URBANA DE LA ZONA METROPOLITANA DEL ESTADO DE PUEBLA (PMUPU)

ASCENSO-DESCENSO DE PASAJEROS DE TRANSPORTE PUBLICO

Ruta: _____ Agrupación: _____

Hora de Salida: hora/min _____ Hora de Llegada: hora/min _____

No. de Recorrido: _____ Tipo de Unidad: _____ No. de Asientos: _____

Aforador: _____ Fecha: día/mes/año _____

No. Parada	Mov.	Ubicación de la Parada	Ascensos	Descensos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Formato de Ascenso – Descenso puerta trasera

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MOVILIDAD URBANA DE LA ZONA METROPOLITANA DEL ESTADO DE PUEBLA (PMUPU)

ASCENSO-DESCENSO DE PASAJEROS DE TRANSPORTE PUBLICO

Ruta: _____ Agrupación: _____

Hora de Salida: hora/min _____ Hora de Llegada: hora/min _____

No. de Recorrido: _____ Tipo de Unidad: _____ No. de Asientos: _____

Aforador: _____ Fecha: día/mes/año _____

Hora de Llegada	Hora de Salida	Mov.	Ubicación de la Parada	Ascensos	Descensos

Fuente: Elaboración propia

METODOLOGÍA DE EJECUCIÓN

Se utilizó una aplicación que permitió la localización de los puntos exactos de abordaje, así como la obtención de las velocidades, y el tiempo para cada uno de los eventos.

El personal capacitado abordaba en la base de la ruta asignada, y se identifica con el encargado de la ruta, mostrando el documento expedido por la Secretaría de Movilidad (permiso) que avala a la empresa la realización del Plan de Movilidad Urbana de la Zona Metropolitana del Estado de Puebla (PMUPU), así como las identificaciones del personal. Una vez presentados y con la autorización por parte de la ruta de poder abordar las unidades para la realización del estudio, el aforador iniciara su conteo previo a la salida de la unidad de la base, este lo realiza con una aplicación móvil desarrollada para tal actividad, en la cual se vierten los siguientes datos:

- Nombre de la ruta.
- Ramal.
- Modalidad.
- Sentido.
- Ascenso.
- Descenso.

Todos estos datos relacionados a la coordenada y hora que por default generará la aplicación se irán integrando en tiempo real a una base de datos generada en la *nube* la cual está siendo cotejada en tiempo real con personal en gabinete, validando la correcta generación de información de las rutas/ramales que estén siendo levantados.

Para efectos de este estudio, se realizaron recorridos por ramal/ruta en hora pico matutino, con la finalidad de generar el insumo para la modelación en el escenario de mayor demanda horaria del día.

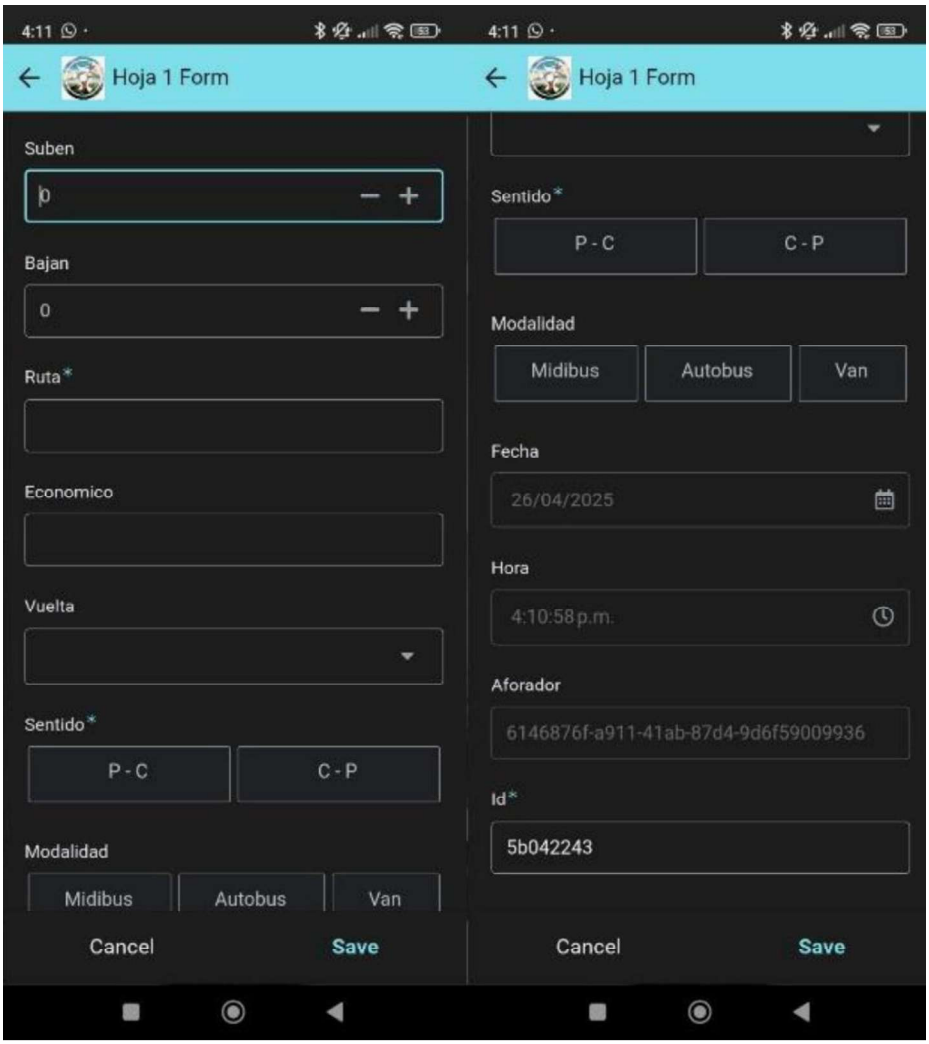
El primer aforador comenzaba su viaje en horario de 6:45hrs generalmente y el segundo 15 minutos después, con la misma dinámica.

Una vez finalizado el recorrido, el personal agradecía la atención brindada y preparaba la ejecución de la siguiente ruta para el siguiente día. Es importante mencionar, que este levantamiento fue realizado en días hábiles en periodo escolar.

Una vez generada la base de datos, esta se extrae de la nube virtual y se trabaja en los diferentes softwares de georreferencia y simulaciones pertenecientes a los siguientes procesos del trabajo.

En la figura a continuación se presenta de forma ilustrativa la pantalla del software utilizado para el desarrollo de esta actividad..

Figura 28. Ejemplo ilustrativo del software utilizado para el estudio de ascensos y descenso



Fuente: Elaboración propia

3.5 PROCESAMIENTO Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS DE CAMPO

La información de campo es validada, codificada y capturada para su posterior análisis. Este procesamiento se hará con software de uso común como son Excel y AutoCad, así como de herramientas especializadas para el transporte, como lo son Sistemas de Información Geográfica (TransCAD y QGIS) y TRANUS para la parte de modelación.

No obstante que la presentación de los resultados del procesamiento de la información y del diagnóstico del estudio serán objeto de un informe posterior, en este apartado se presentan los cuadros más relevantes que corresponderán al procesamiento y representación de la información. La información también estará referenciada con figuras y planos para mayor comprensión. Cabe aclarar que las tablas presentadas en este apartado son ilustrativas y su finalidad es mostrar las formas y resultados más relevantes del procesamiento de la información.

3.5.1 Movilidad Urbana

3.5.1.1 Encuesta Origen-Destino a bordo de unidades de transporte público

- Encuestas aplicadas por tipo de ruta (encuestas y porcentaje)
- Rangos de tiempo de espera (en minutos) de unidades de transporte público (porcentaje)
- Tiempo promedio de espera de unidades de transporte público por tipo de ruta (minutos)
- Tiempo de caminata para abordar unidades de transporte público por tipo de ruta (porcentaje)
- Tiempo promedio de caminata para abordar unidades de transporte público por tipo de ruta (minutos)
- Tiempo de caminata de la parada al destino (porcentaje)
- Tiempo promedio de caminata de la parada al destino (minutos)

3.5.1.2 Mapeo de la movilidad

- Principales líneas de deseo de viajes: totales, en transporte público y usuarios ciclistas
- Zonas de atracción y generación de viajes: totales, en transporte público y usuarios ciclistas
- Zonas de atracción y generación de viajes para modos no motorizados

3.5.2 Vialidad y tránsito

3.5.2.1 Variación diaria del tránsito

- Análisis del flujo vehicular por día, tipo de vehículo y sentido de circulación (Estaciones Maestras)

3.5.2.2 Períodos típicos del tránsito

- Variación horaria del flujo vehicular por día y sentido de circulación (Estaciones Maestras)

3.5.2.3 Velocidades y demoras en las principales vialidades

- Velocidades vehiculares en las principales vialidades - hora pico de la mañana; vehículo flotante

3.5.2.4 Caracterización de las principales intersecciones

- Relación de intersecciones más importantes del área de estudio
- Volúmenes vehiculares en las intersecciones más importantes del área de estudio
- Flujos de saturación característicos en el área de estudio (S en tcu/h)
- Croquis de las intersecciones seccionadas

3.5.2.5 Capacidad y nivel de servicio en las intersecciones

- Grado de saturación en intersecciones (X = q/Q)
- Nivel de servicio en intersecciones (Método HCM)

3.5.3 Transporte público

3.5.3.1 Variación de la demanda a lo largo del día

- Períodos característicos de la demanda obtenidos en los estudios de frecuencia y ocupación visual
- Frecuencia y ocupación característicos observados en un punto

3.5.3.2 Pasajeros movilizados por ruta

- Selección y asignación de rutas para estudios de ascenso-descenso de pasajeros
- Pasajeros movilizados por ruta (períodos típicos y diarios)

3.5.3.3 Nivel de servicio de las rutas

- Calificación del nivel de servicio en las rutas del sistema

3.5.3.4 Indicadores y desempeño del sistema

- Índices de rotación de las rutas de transporte
- Velocidad comercial y de operación del servicio de transporte público

3.6 INVENTARIO Y ACOPIO DE INFORMACIÓN

El producto de este trabajo de inventario y acopio de información es el insumo principal para el Informe de Diagnóstico que resumirá las condiciones actuales de movilidad de la zona metropolitana de la ciudad de Puebla ZMPU, en términos de oferta y demanda, así como el grado

de desempeño, problemas específicos en el sistema de transporte colectivo, y análisis de las condiciones actuales de la estructura urbana.

Sin ser limitativo, el informe de la próxima etapa de Diagnóstico considerará lo siguiente:

Evolución de la movilidad en la ZMPU

- Cambios en las características de movilidad en función del desarrollo urbano.
- Tendencias de utilización del transporte público de pasajeros.
- Tendencias de saturación vial.
- Vigencia de estudios previos de tránsito y transporte.

Sistema de transporte público

- Estimación de la demanda de viajes en cada modalidad de servicio existente (transporte público convencional: autobús, microbús, combi- y del sistema RUTA).
- Evaluación de los niveles de servicio que se ofrece a los usuarios en cada una de las rutas en la ZMPU.
- Estimación de los principales indicadores de operación del sistema de transporte, como son: tiempos de viaje promedio, tiempos de espera, transbordos, tiempos de caminata, costos de su viaje, entre otros.
- Perfil horario de la demanda a lo largo del día que permita identificar los periodos de mayor y menor demanda de viajes.
- Identificación de las zonas de mayor o menor demanda en la zona de influencia de la red de transporte.
- Identificación de los pares origen y destino del servicio de transporte público, así como de las zonas de atracción y generación de viajes.

Sistema vial y de tránsito

- Análisis de la capacidad en las principales intersecciones (27) con mayor problemática en la zona de influencia del proyecto.
- Inventario de la oferta de estacionamientos en la vía pública, regulados y no regulados, en la zona centro del municipio de Puebla.
- Caracterización de los volúmenes de tránsito, incluyendo el perfil horario de la demanda para identificar los periodos más críticos.

- Caracterización y evaluación física y funcional de la red vial en la zona de influencia de los principales corredores (secciones transversales, banquetas, etc.)
- Evaluación de la conectividad y continuidad de la red vial actual, para identificar puntos de intervención que permitan mejorar el esquema de movilidad urbana.
- Identificación de otras obras de infraestructura vial.

Para elaborar un diagnóstico que refleje la realidad de la situación, se usarán los resultados de los estudios ya mencionados en este informe.

Sigue a continuación los aspectos que se realizarán en etapas posteriores de este estudio.

DETERMINACIÓN Y PRONÓSTICO DE LA DEMANDA DE VIAJES.

Con base en el crecimiento de las variables socio-económicas relevantes para explicar la movilidad y su evolución en el tiempo, se realizará el pronóstico de la demanda para los 3 horizontes de planeación (1, 5 y 10 años).

De manera adicional y en caso de existir, se estudiarán los futuros proyectos de equipamiento metropolitano, como lo son los hospitales regionales, las universidades, los centros comerciales, etc. Se analizarán los equipamientos que generan y atraen demanda de transporte con detalle de tipo de usuarios o empleados, de horarios, etc.

Para cada zona se evaluarán las generaciones y atracciones actuales y futuras de viajes, con la implementación de un modelo de pronóstico.

Los modelos de este tipo toman estructuras como las siguientes:

$$V_{ij} = f\left(\frac{A_i A_j}{I_{ij}}\right)$$

Donde:

V_{ij} es el número de viajes entre la zona i y la zona j.

A_i y A_j son el sistema de actividades en las zonas i y j. En este caso, puede ser una función de varias variables económicas, demográficas y de uso de suelo.

I_{ij} es la impedancia o restricción de relaciones de los viajes entre i y j. Generalmente, es una función de costo generalizado de viajes donde las variables distancia, tiempo y costo de operación son integradas.

Estos modelos de demanda serán calibrados directamente en el Modelo de Planeación de Transporte (TRANUS).

Cabe mencionar que las variaciones de la demanda en tiempo y en espacio están condicionadas a los cambios en las actividades de cada zona en particular y de la ciudad en su conjunto. Por tal razón, dentro de los trabajos que el consultor realizará, se considerará la identificación en los cambios de dichas variables entre las que se pueden destacar:

- Desarrollo de actuales vacíos urbanos.
- Políticas institucionales en el direccionamiento del desarrollo y uso del espacio urbano disponible.
- Cambios en el uso del suelo de zonas actualmente consolidadas.
- Cambios en la intensidad de uso de las zonas actuales.
- Cambios demográficos.
- Cambios socioeconómicos (empleos, niveles de ingreso, tasas de motorización, etc.).
- Desarrollo de infraestructura que favorezca la utilización de nuevos espacios urbanos o que impacte de manera significativa áreas actualmente consolidadas.
- Los pronósticos de CONAPO para los distintos municipios que forman parte de la zona de estudio con el objetivo de integrar los crecimientos previsibles.
- Se analizarán también los cambios demográficos susceptibles de ocurrir en el tiempo (pirámide poblacional), que impacta el número y los motivos de viajes y que impacta también variables como la Población Económicamente Activa.
- Se realizarán pronósticos de empleo con base en las variables económicas, principalmente el PIB.
- Se evaluarán los posibles cambios socio-económicos.
- Se evaluará el crecimiento de la taza de motorización, así como su impacto sobre la movilidad.
- Se tendrán en cuenta las tasas de crecimiento del tránsito o de tenencia vehicular.

Estas variables se analizarán a nivel de la zonificación del modelo.

Se preparará una estimación de Volúmenes Futuros mediante el Cálculo del Nivel de Servicio Futuro. Con base en los resultados obtenidos el Consultor determinará para cada una de las asignaciones, los conceptos siguientes: razón volumen-capacidad, tiempo de recorrido, velocidad por tramo, entre otros.

En cuanto al transporte público y con base en las trayectorias que tiene, así como los resultados de los aforos de vialidad y tránsito se pronosticará el comportamiento futuro del sistema RUTA.

El resultado final de esta actividad será una matriz de escenarios en la que se muestren los indicadores desarrollados, de tal forma que se puedan establecer comparativos entre los escenarios de una manera rápida.

4 DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

Similarmente, en las etapas que siguen de este estudio y con base en los diferentes componentes del diagnóstico (movilidad y sistema urbanos) y en los escenarios de crecimiento identificados, se desarrollará un conjunto de alternativas de configuración para el Plan de Movilidad Urbana de la Zona Metropolitana de Puebla - PMUPU. Especial énfasis se hará en la evaluación de la modalidad de transporte público propuesta para el crecimiento del sistema RUTA, y la reestructuración del sistema convencional.

A partir de un análisis técnico, urbano y económico, se seleccionará la mejor alternativa, para la cual se diseñarán con detalle los elementos que conformarán el Plan, en donde uno de sus componentes principales será el sistema de transporte público de la ciudad. La alternativa seleccionada será acordada con la autoridad.

4.1 EVALUACIÓN TÉCNICA – MODELO DE TRANSPORTE

En etapas futuras de este estudio, la evaluación técnica tendrá como resultado final al menos lo siguiente:

- Estimación de la demanda actual de viajes por modo de transporte entre zonas y en la red existente de rutas de transporte público,
- Definición de la modalidad de transporte público en base a la predicción de la demanda futura de usuarios entre zonas en los horizontes señalados tanto para la red de transporte público como para el resto de los modos de transporte, analizados mediante el uso y calibración del modelo de asignación de viajes.
- Representación gráfica, a escala, de la intensidad de la demanda de viajes en cada uno de los arcos y nodos de los diversos modos y en especial de la red de transporte público.
- Generación de escenarios de crecimiento de la demanda de viajes entre zonas en los diversos modos de transporte y en el transporte público, incluyendo un escenario tendencial.
- Evaluación operacional de las alternativas de configuración de la red de transporte público, usando el modelo de asignación de viajes para estimar la demanda futura en las rutas de cada uno de los escenarios y horizontes contemplados. Esta evaluación incluirá tiempos de viaje, costos, número de transbordos y medidas de equidad en la cobertura del servicio. La evaluación de los tiempos de viaje debe considerar su descomposición en tiempo de acceso a estaciones, tiempos de espera en estaciones, y tiempos de traslado en rutas.
- Determinación los corredores de movilidad urbana, crecimiento del sistema RUTA

5 DEFINICIÓN DEL PLAN DE MOVILIDAD URBANA DE PUEBLA (PMUPU)

Se presenta a continuación los aspectos más relevantes en la definición del PMUPU a realizarse en etapas futuras de este estudio.

5.1 PLAN DE MOVILIDAD URBANA DE LA ZONA METROPOLITANA DE PUEBLA

5.1.1 Plan de Movilidad

Se evaluará las alternativas de solución adecuadas de movilidad en la ciudad, orientadas en gran medida a que cumplan condiciones de sustentabilidad y donde se permita el acceso a todos los habitantes (incluidas las personas con capacidades diferentes). Esta propuesta también evalúa la conveniencia de implementar la continuidad del sistema RUTA, y, de acuerdo a las necesidades encontradas en la etapa de diagnóstico, propondrá el trazo de los corredores, el confinamiento de carriles, en caso de requerirse, y el tipo de estaciones y vehículos a utilizar. Además, la propuesta considerará la reestructuración del transporte público. Al final resultará lo que técnicamente se considerará como Plan Director de Vialidades de Puebla consistente en la propuesta técnica de la malla vial compuesta por los corredores de movilidad urbana que descongestionen los puntos conflictivos del tránsito en la ciudad la y que permita albergar la nueva red de transporte público, la red de ciclo-pistas y señale los puntos de intermodalidad.

Si bien el proyecto maneja dos componentes (diseño del sistema sobre los corredores y reestructuración de la red de transporte público), lo tratará de forma integrada para obtener lo mejor de la funcionalidad y de la operación del sistema. Para lo anterior, el Consultor se documentará con las opiniones de los diferentes actores a través de reuniones donde se conocerán sus intereses y objetivos. El resultado final de esta actividad será un diseño de la nueva red en el que se detectarán las rutas, se sembrará el tipo de trazo más viable y se evaluará cualitativamente sobre los pros y contras que cada uno tendría dentro de las opciones que se presenten. Esta evaluación deberá tomar en cuenta la absorción de espacio, los problemas potenciales en intersecciones, la forma de acceso a las paradas y estaciones, los impactos de barrera, los entrecruzamientos, el manejo de vueltas izquierdas y derechas, los cruces peatonales, el acceso a las propiedades, la interconexión entre corredores y con las rutas suburbanas e integrarse armónicamente con el entorno urbano, particularmente con el Centro Urbano y con otros sitios de interés público.

Así mismo, definirá a través de estándares de diseño urbano y geometría vial, las características de los corredores de movilidad urbana en la ciudad. La propuesta comprenderá la magnitud de las vialidades con respecto a la escala de la ciudad y de las zonas en particular por las que atraviesan. Se pretende que los estándares de diseño propuestos incluyan aspectos paisajísticos.

Con base en los estudios de tránsito y estacionamiento realizados, se determinará la capacidad y los niveles de servicio de la malla vial propuesta tanto para el año base (2025) como para cada etapa del Plan hasta el horizonte final de proyecto (2045), utilizando para ello los criterios y procedimientos de análisis establecidos en el Manual de Capacidad de Carreteras de EE.UU. (Highway Capacity Manual) o los Manuales con que cuenta la SCT.

Se generará como entregable de esta actividad un reporte que plasme las recomendaciones y necesidades anteriormente descritas desde un punto de vista de la consistencia de intereses entre diferentes partes del sistema. El resultado final debe ser el producto integral de los análisis y modelaciones ejecutadas. Las propuestas estarán acompañadas de planos, mapas y cuadros sintéticos que ayuden al entendimiento de estas. El Plan será presentado a través de una propuesta de programación con varias etapas de actividades.

5.1.2 Diseño Operacional del Tránsito y del Sistema de Semáforos

Se desarrollará las propuestas y se evaluará el impacto dentro de la red vial de influencia del proyecto. Se plantearán las soluciones necesarias que garanticen el adecuado desempeño del sistema integrado que se proponga.

5.1.3 Diseños conceptuales de ampliación de vialidades existentes, nuevas vialidades e intersecciones viales

Una vez definido el trazo general de los corredores y definidas las dimensiones y el tipo de vehículos que circularan, se realizara la propuesta conceptual geométrica de trazo de las vialidades, lo anterior en función a los espacios y derechos de vía de las vialidades existentes por las que se pretende desarrollar los corredores en cuestión. Dicha propuesta se expondrá a la autoridad contratante a fin de contar con su aprobación, seguros de tomar en consideración todas las necesidades del cliente.

5.1.4 Red de Ciclo-pistas

Más del 60% de los viajes urbanos en México son de menos de 8 km. Esos 8 km en una bicicleta se pueden hacer en menos de media hora. La movilidad alternativa tiene que ser promovida como parte del programa más amplio de transporte de una ciudad. Una ciudad que no puede ser disfrutada y apropiada por sus habitantes es una ciudad disfuncional. Se planteará el crecimiento de la red ciclista existente y además de su conectividad.

Se determinarán las características técnicas de las ciclo-pistas:

- Trazado de las ciclo-pistas.
- Ancho del carril.
- Accesos y entrelazamientos.

- Integración con el corredor de transporte masivo y sus estaciones.
- Disponibilidad, necesidad y diseño de estacionamientos en estaciones y terminales.

5.1.5 Interconexión con las Rutas Suburbanas

El Plan considerará a los usuarios de las rutas suburbanos para su incorporación a la red de transporte público de la ciudad. Se determinarán los paraderos y terminales oficiales en los puntos de la ciudad que mejor convenga para el Plan como para las propias empresas, a la vez que deberán darse medidas para mejorar la infraestructura que actualmente ofrece.

5.1.6 Estacionamientos

Como medida encaminada a disminuir las tasas de motorización y que habituales conductores se conviertan en usuarios del sistema de transporte público, se buscará diseñar sistemas de estacionamientos para vehículos en las inmediaciones de estaciones y terminales. Así, un viaje que anteriormente se hacía en su totalidad en transporte privado ahora tendrá un componente en transporte público.

El Plan también generará una oferta ordenada y ajustada a la demanda proyectada para el estacionamiento en la zona centro, así como en los corredores de movilidad urbana en los cuales se propongan medidas que limiten el estacionamiento en la vía pública. Se realizará un análisis para definir la viabilidad de los estacionamientos basado en:

- Precisar la ubicación de estacionamientos y la oferta que ofrezcan de espacio.
- Disponibilidad del terreno.
- Número de cajones necesarios.
- Tasa de motorización de la zona.
- Otros.

5.2 SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO PROPUESTO POR EL PLAN

Con base en la información de origen y destino disponible y de las tendencias de crecimiento en el sistema de actividades de la ciudad, se procederá a diseñar el sistema de transporte público como parte esencial del Plan de Movilidad Urbana Sustentable. En este proceso se considerarán como criterios fundamentales la integración con modos de transporte alternativo, particularmente el automóvil y la bicicleta como medios complementarios y alimentadores de la red de transporte público y de acceso a las paradas, estaciones y/o terminales, según sea el caso, por lo que deberán considerarse espacios para su estacionamiento en paradas, estaciones y/o terminales.

5.2.1 Diseño Operacional del Transporte Público

Tomando como base el Plan de Movilidad Urbana, se desarrollará el diseño funcional y operacional del sistema de transporte público considerando los servicios de transporte público y la operación del tránsito motorizado y no motorizado que conviva con el sistema.

Especificaciones de los Vehículos de Transporte Público

Se recomendará el uso de tecnologías para la explotación del sistema, tomando como principio la incorporación de unidades ambientalmente amigables y funcionalmente cómodas, teniendo en cuenta el impacto que esto tiene sobre la tarifa del sistema y que se reflejará en la competitividad del servicio. Se definirá cuál de las tecnologías es la más apropiada para la Ciudad de Puebla.

6 VIALIDAD Y TRÁNSITO

El Consultor realizó un extenso y ambicioso plan de trabajos de campo, lo que permitió cubrir todas las necesidades del estudio adecuadamente, asegurando la calidad de los resultados de los estudios que serán insumo para las actividades y fases posteriores. A continuación, se describen y se presentan los resultados de todos y cada uno de los trabajos que se desarrollaron, con los que se describe y cuantifica con indicadores la situación actual de la movilidad en la Zona Metropolitana de Puebla - ZMPU..

La información que se presenta en este capítulo se refiere al comportamiento del período pico de la mañana del Sistema por ser el período más crítico, a menos que se establezca lo contrario.

A continuación, se describen los estudios y resultados del componente de vialidad y tránsito.

6.1 INVENTARIO VIAL

Para los corredores clave, se realizó un levantamiento de secciones transversales, determinando las secciones por tramo en cada corredor.

Los datos recopilados en campo se incluyen en los formatos de campo: nombre de la vialidad inventariada, calle transversal de inicio y fin del tramo, fotografías del tramo y de la sección.

Las características físicas inventariadas son:

- **Número de cuerpos:** en base a las barreras físicas entre los sentidos de circulación, como camellones, zanjas, canales, etc.; así una vialidad de 3 carriles por sentido con un camellón tendrá 2 cuerpos.
- **Carriles por cuerpo:** el número de carriles de circulación de cada cuerpo.
- **Estacionamiento en vía pública**: identificación de estacionamiento sobre la vía y espacio vial usado para ese efecto
- **Separador central:** existencia y tipo de separación entre los cuerpos de la vialidad.
- **Longitud**: longitud de la sección de paramento a paramento y longitudes parciales de los elementos de la vialidad (banquetas, carriles, camellones, islas, etc.).
- **Geometría de las intersecciones**: existencia y dimensiones de islas de canalización, tipo, número y ancho de carriles de cada afluente, existencia de cebras peatonales, etc .

Las mediciones se hicieron con un distanciómetro de rayo láser. En etapas futuras de este estudio, las secciones inventariadas permitirán definir las mejoras posibles, tales como ciclovías, ampliación de banqueta, calles completas, etc.

6.1.1 Secciones viales

En la Tabla a continuación se listan la relación de las vialidades en donde se realizó el levantamiento de secciones viales.

Tabla 31. Relación de secciones viales

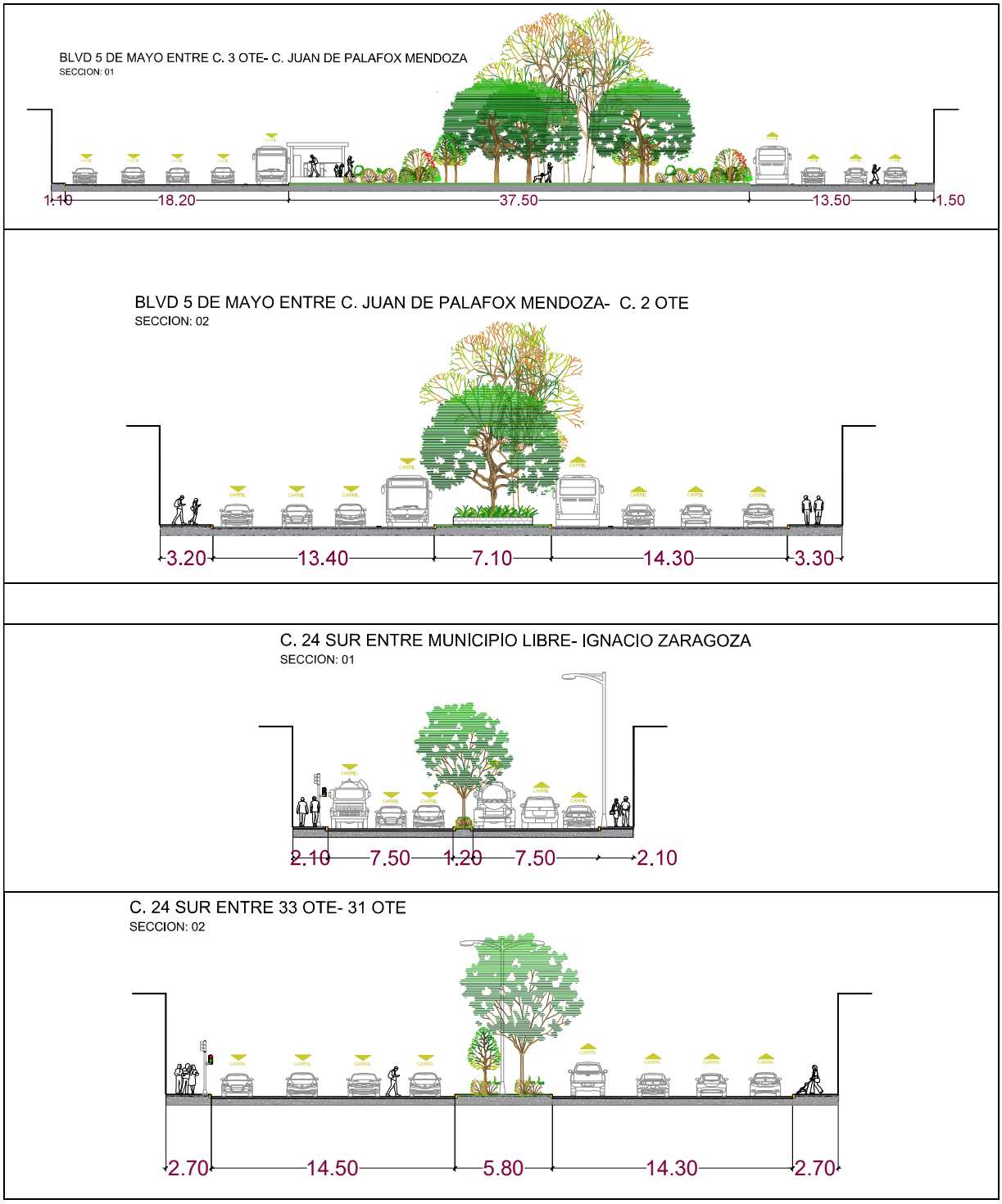
No.	Vialidad	Tramo	Longitud (km)
1	Periférico Ecológico	De Antiguo Camino Real a Cholula a Blvd. Forjadores	3.46
2	Periférico Ecológico	De Parque Laguna de Chapulco a Carretera Federal Puebla-Tehuacán	15.81
3	Blvd. 18 de Nov y Av. Independencia	De Carretera Federal Puebla-Tehuacán a Diagonal Defensores	5.7
4	Blvd. San Felipe y Atilac	De Blvd. Hermanos Serdán a Blvd. Carmen Serdán	3.06
5	Blvd. Atlixco	De Av. Juárez a Calle Fresnos	1.97
6	Av. 25 Pte.	De Blvd. Atlixco a 11 sur	2.39
7	7 sur-norte	De Av. 11 Pte. a Av. 20 Pte.	1.45
8	C. 5 sur	De Av. 27 Pte. a Av. 7 Pte.	1.0
9	Blvd. 5 de mayo	De Calle 3 Ote. a Av. 40 Pte.	2.52
10	14 Ote.	De Blvd. 5 de Mayo a Calle 18 Norte	0.59
11	18 Norte	De Av. Juan de Palafox a Av. 14 Ote.	0.62
12	24 sur-26 sur	De Blvd. Municipio Libre a Av. 14 Ote.	5.68
13	24 sur		1.51
14	C. Bugambilias	De Av. Margaritas a Blvd. Capitán Carlos Camacho	0.91
15	C. de la Rosa	De Diagonal Defensores a Calle Carril de la Rosa	1.1
16	Cumulo de Virgo	De Atlixcáyotl a Calle 11 sur	1.37
17	Cumulo de Virgo		1.3
18	Recta a Cholula	De Blvd. Esteban de Antuñano a Av. De los Fresnos	6.47
19	Blvd. Municipio Libre	De Blvd. Atlixco a Prolongación a 19 sur	3.14
20	Av. 18 Pte-Ote	Av. 11 Norte-Blvd. 5 de Mayo	1.55
21	Av. 16 Pte-Ote	Av. 11 Norte-Blvd. 5 de Mayo	1.56
22	Av. 14 Pte-Ote	Av. 11 Norte-Blvd. 5 de Mayo	1.63
23	Av. 12 Pte-Ote	Av. 11 Norte-Blvd. 5 de Mayo	1.6
24	Av. 10 Pte-Ote	Av. 11 Norte-Blvd. 5 de Mayo	1.6
25	Av. 8 Pte-Ote	Av. 11 Norte-Blvd. 5 de Mayo	1.55
26	Av. 6 Pte-Ote	Av. 11 Norte-Blvd. 5 de Mayo	1.55
27	Av. 4 Pte-Ote	Av. 11 Norte-Blvd. 5 de Mayo	1.58
28	Av. 2 Pte-Ote	Av. 11 Norte-Blvd. 5 de Mayo	1.6
29	Reforma	Blvd. Norte-Av. 11 Sur	1.8
30	Av. 3 Pte-Ote	Av. 11 Sur-Blvd. 5 de Mayo	1.3
31	Av. 5 Pte-Ote	Av. 11 Sur-Blvd. 5 de Mayo	1.5
32	Av. 7 Pte-Ote	Av. 11 Sur-Blvd. 5 de Mayo	1.45
33	Av. 9 Pte-Ote	Av. 11 Sur-Blvd. 5 de Mayo	1.45

No.	Vialidad	Tramo	Longitud (km)
34	Av. 11 Pte-Ote	Av. 11 Sur-Blvd. 5 de Mayo	1.46
35	Av. 13 Pte-Ote	Av. 11 Sur-Blvd. 5 de Mayo	1.44
36	C 7 Norte-Sur	Av. 18 Pte-Ote-Av. 13 Pte-Ote	1.5
37	C 5 Norte-Sur	Av. 18 Pte-Ote-Av. 13 Pte-Ote	1.45
38	C 3 Norte-Sur	Av. 18 Pte-Ote-Av. 13 Pte-Ote	1.45
39	16 Sept.- 5 de Mayo	Av. 18 Pte-Ote-Av. 13 Pte-Ote	0.7
40	C 2 Sur	Av. 18 Pte-Ote-Av. 13 Pte-Ote	0.4
41	C 4 Norte-Sur	Av. 18 Pte-Ote-Av. 13 Pte-Ote	1.3
42	C 6 Norte	Av. 18 Pte-Ote-Av. 13 Pte-Ote	1.1

Fuente: Propuesta del equipo de seguimiento y el consultor

En la Figura a continuación se muestra la sección transversal para unos de los tramos inventariados del Blvd. 5 de Mayo, de la calle 24 de Sur y otras vialidades..

Figura 29. Secciones transversales típicas en la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo 2020 INEGI.

6.2 INVENTARIO DE TRÁNSITO

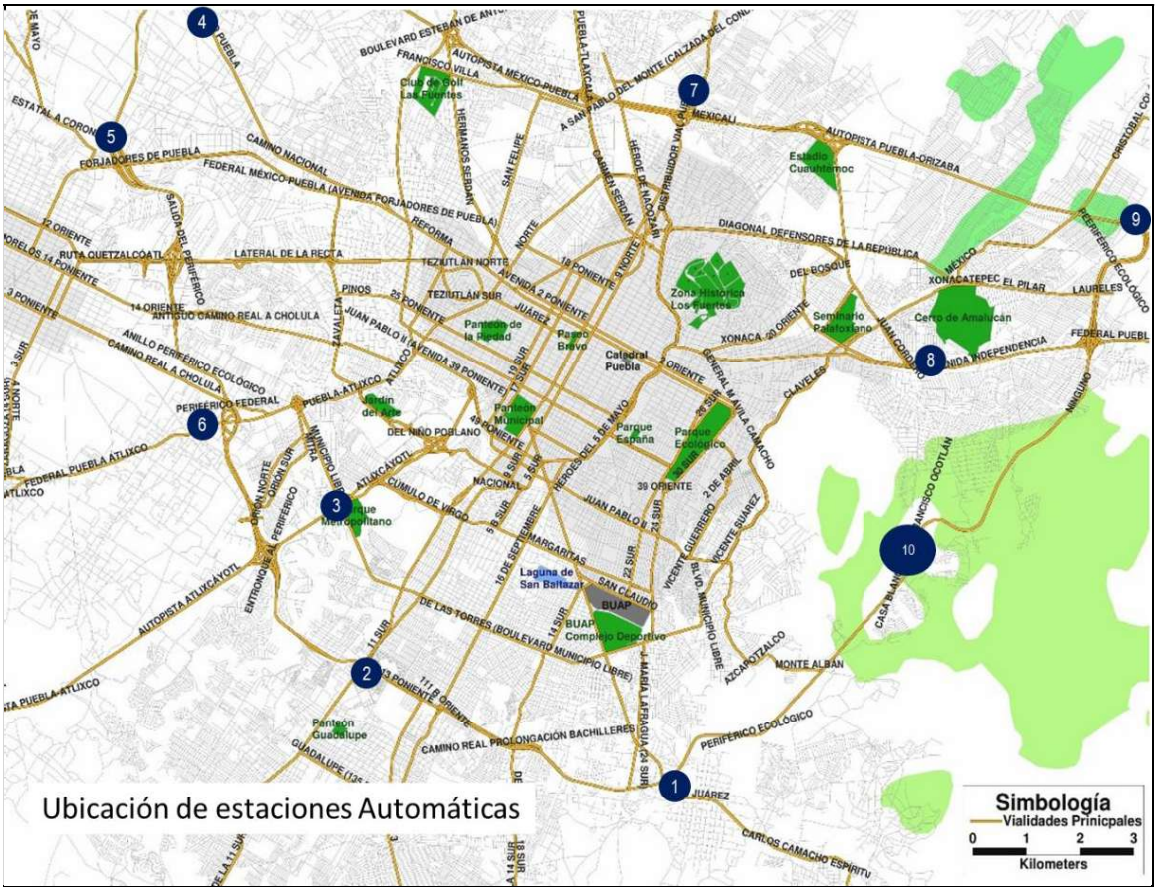
6.2.1 Análisis de estaciones maestras

6.2.1.1 Automáticas

Las estaciones maestras automáticas proporcionan información referente al comportamiento de la demanda de tránsito horaria y diaria, con la cual se pueden obtener el Tránsito Diario Promedio Semanal (TDPS) y el Tránsito Diario Promedio Anual (TDPA).

Los conteos se realizaron durante 7 días consecutivos en un periodo de 24 horas. Las estaciones se ubicaron en puntos estratégicos donde la densidad vehicular no fuera factor para obtener datos erróneos, ya que frecuentemente en zonas urbanas congestionadas los vehículos permanecen sobre las mangueras mayor tiempo, lo que provoca duplicidad en los conteos. Se realizaron 10 estaciones automáticas. En la figura a continuación se presenta la ubicación de estas estaciones y en la tabla siguiente se relacionan.

Figura 30. Ubicación de las estaciones maestras automáticas



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla se resumen los resultados obtenidos en las 10 estaciones maestras automáticas, esto es, el volumen promedio semanal por tipo vehicular, composición y su correspondiente TDPS.

Tabla 32. Resultados de las estaciones maestras automáticas

No.	Ubicación	Conteos y composición vehicular									
		Sentido	MOTOS	AUTOS	BUSES	C2	C3	C4	C5	C6	TDPS
1	EM 01 Valsequillo - Periférico	Sur-Norte-Sur	15,017	161,333	7,256	9,739	1,486	193	139	-	195,163
			7.7%	**82.7%**	**3.7%**	**5.0%**	**0.8%**	**0.1%**	**0.1%**	**0.0%**	**100%**
2	EM 02 11 Sur y Periférico	Sur-Norte-Sur	41,996	297,982	3,388	13,752	2,170	461	453	-	360,202
			11.7%	**82.7%**	**0.9%**	**3.8%**	**0.6%**	**0.1%**	**0.1%**	**0.0%**	**100%**
3	EM 03 Via Atlixcayotl y Municipio Libre	Sur-Norte-Sur	27,702	1,044,905	12,293	15,489	3,898	492	125	189	1,105,093
			2.5%	**94.6%**	**1.1%**	**1.4%**	**0.4%**	**0.0%**	**0.0%**	**0.0%**	**100%**
4	EM 04 Libre México-Puebla-Tlaxcala	Pte-Ote-Pte	9,575	78,516	1,649	4,318	719	139	-	39	94,955
			10.1%	**82.7%**	**1.7%**	**4.5%**	**0.8%**	**0.1%**	**0.0%**	**0.0%**	**100%**
5	EM 05 Periferico - Blvd. Forjadores	Sur-Norte-Sur	23,654	594,350	3,797	28,154	7,025	3,563	1,536	1,977	664,056
			3.6%	**89.5%**	**0.6%**	**4.2%**	**1.1%**	**0.5%**	**0.2%**	**0.3%**	**100%**
6	EM 06 Carr. Federal Atlixco	Sur-Norte-Sur	19,181	289,918	4,556	25,140	3,456	1,632	703	373	344,959
			5.6%	**84.0%**	**1.3%**	**7.3%**	**1.0%**	**0.5%**	**0.2%**	**0.1%**	**100%**
7	EM 07 Car Santa Ana Av 104 Pte	Sur-Norte-Sur	18,894	255,380	10,427	27,586	4,225	3,897	835	336	321,580
			5.9%	**79.4%**	**3.2%**	**8.6%**	**1.3%**	**1.2%**	**0.3%**	**0.1%**	**100%**
8	EM 08 Av Independencia Av. Justo sierra	Pte-Ote-Pte	22,233	204,025	16,095	9,991	1,180	186	128	-	253,838
			8.8%	**80.4%**	**6.3%**	**3.9%**	**0.5%**	**0.1%**	**0.1%**	**0.0%**	**100%**
9	EM 09 Aut. Mex. Orizaba Km35	Pte-Ote-Pte	7,883	223,688	18,244	33,406	10,851	20,400	5,216	10,174	329,862
			2.4%	**67.8%**	**5.5%**	**10.1%**	**3.3%**	**6.2%**	**1.6%**	**3.1%**	**100%**
10	EM 010 Belem Camino a Batan	Pte-Ote-Pte	14,366	386,120	4,258	20,732	5,168	2,021	3,054	1,631	437,350
			3.3%	**88.3%**	**1.0%**	**4.7%**	**1.2%**	**0.5%**	**0.7%**	**0.4%**	**100%**
			200,501	3,536,217	81,963	188,307	40,178	32,984	12,189	14,719	4,107,058
			4.9%	**86.1%**	**2.0%**	**4.6%**	**1.0%**	**0.8%**	**0.3%**	**0.4%**	**100.0%**

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos se puede comentar lo siguiente:

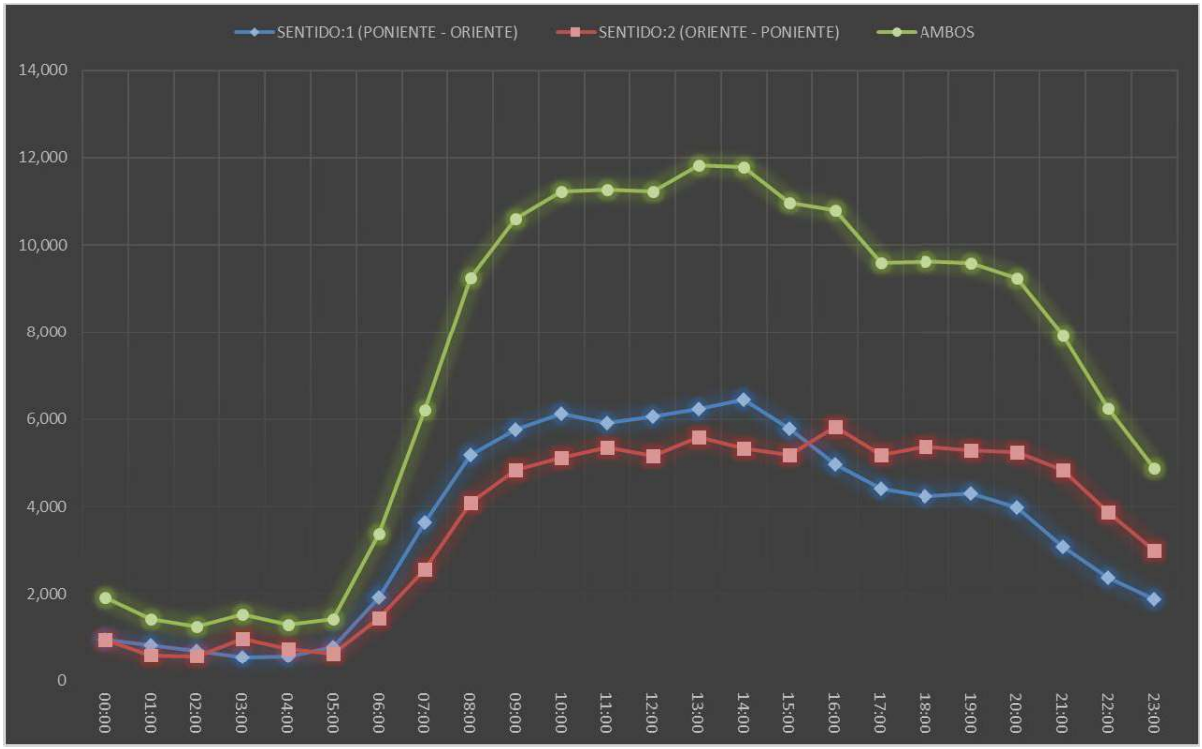
- Las diez estaciones seleccionadas se ubican en los principales accesos y vialidades del municipio de Puebla
- La estación 3, en la vía Atlixcáyotl, presenta el mayor TDPS, 1,105,093 vehículos al día en ambas direcciones, ya que es uno de los principales accesos de Puebla para viajes de paso, de largo y mediano recorrido. Adicionalmente, esta vialidad tiene una importante dinámica comercial, educativa y de servicios en su área de influencia.
- En relación a la composición vehicular, se observa que en la estación 9 la participación del transporte público (TP) tiene un 5.5%, siendo la estación con mayor flujo de transporte público de las estaciones estudiadas. Adicionalmente, presenta el mayor volumen de vehículos pesados.
- La estación 2 muestra la mayor participación porcentual de motocicletas (Av. 11 Sur y Periférico). Este es un aspecto sobresaliente, debido a que en esta vialidad está la línea 2 del sistema RUTA, y da la impresión de que una parte significativa de los usuarios está migrando del transporte público a la motocicleta.
- En el cuadro anterior, en la clasificación "transporte público", se agruparon autobuses, microbuses, combis y autobuses suburbanos y foráneos. La

clasificación de Foráneos se refiere a los autobuses foráneos y de turismo (ej. La Empresa ADO).

- La estación 3 en la Vía Atlixcáyotl muestra la mayor participación porcentual para los autos, 94.6% del volumen total. Son varias las razones de esta alta proporción de vehículos privados en el flujo vehicular: (1) la cantidad de rutas de transporte público a lo largo de la Vía Atlixcáyotl es relativamente baja; (2) las colonias y fraccionamientos que se conectan a través de la Vía Atlixcáyotl tienen una predominancia habitacional de ingresos medio a alto, población que prefiere el uso del vehículo privado y (3).es la vía que conecta con el municipio de Atlixco por la autopista.

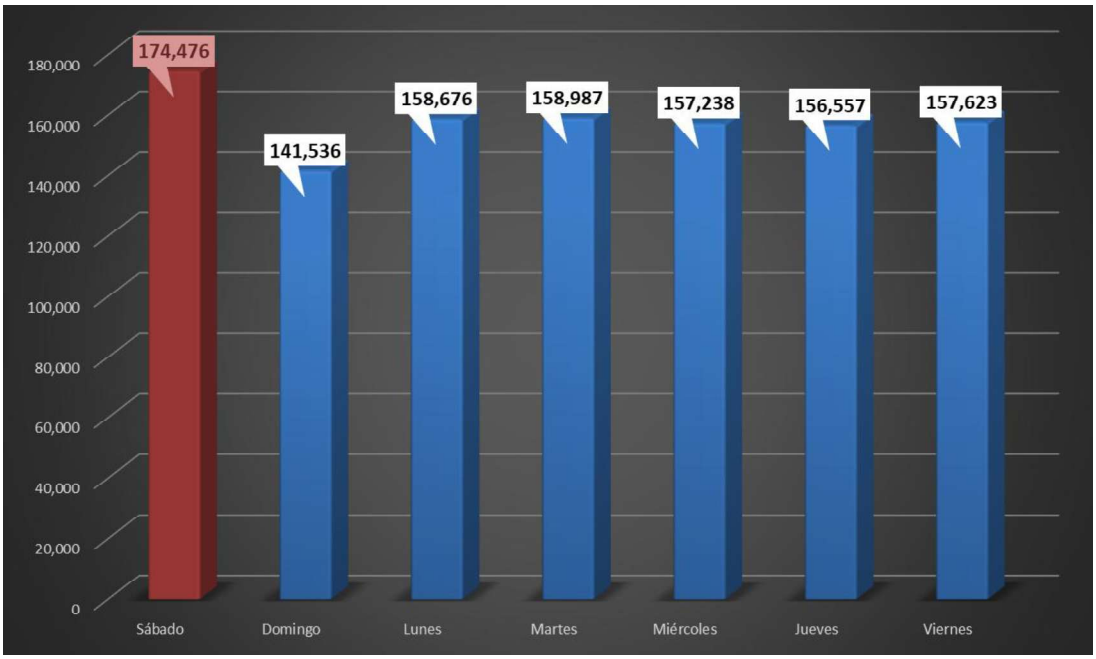
En las Figuras se muestra, a manera de ejemplo, los histogramas de volumen vehicular de la estación maestra automática 3 (ambos sentidos) para un día hábil..

Figura 31. Ejemplo de una estación maestra (variación horaria de la estación 3)



Fuente: Elaboración propia

Figura 32. Ejemplo de una estación maestra (variación diaria de la estación 3)



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla a continuación, se presenta el resumen del comportamiento horario para las 10 estaciones y en la figura se presentan de manera gráfica.

Tabla 33. Resumen horario de las estaciones maestras automáticas

Horas	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	Total
00:00	2,388	6,647	13,855	1,283	6,130	4,708	3,118	2,777	5,912	6,092	52,910
01:00	1,507	4,004	8,310	699	4,021	2,630	1,723	1,718	4,813	3,948	33,373
02:00	1,082	2,496	6,119	502	2,859	1,851	1,366	1,202	4,451	2,912	24,840
03:00	696	2,166	5,635	336	2,506	1,437	1,762	1,035	4,662	2,655	22,890
04:00	1,098	3,236	5,501	432	3,483	1,807	3,245	1,584	5,574	3,600	29,560
05:00	2,483	6,435	9,919	1,147	9,329	4,090	7,988	4,571	9,048	8,288	63,298
06:00	6,379	17,276	32,563	3,336	24,079	10,887	15,440	11,855	14,149	17,810	153,774
07:00	12,678	20,287	61,431	5,306	41,299	18,343	20,209	16,043	18,463	29,653	243,712
08:00	13,742	19,746	70,264	5,831	41,010	20,912	20,411	15,396	17,780	28,379	253,471
09:00	12,962	21,116	74,894	5,945	47,053	21,487	19,198	14,526	17,199	20,851	255,231
10:00	12,430	19,974	70,874	5,497	41,881	20,201	18,810	14,251	17,865	20,007	241,790
11:00	11,010	19,135	68,716	5,488	37,186	20,464	19,226	14,079	17,089	20,014	232,407
12:00	10,127	19,541	72,774	5,730	36,971	20,121	18,580	14,651	18,156	18,450	235,101
13:00	11,469	21,256	74,471	5,906	38,161	21,312	20,702	15,649	19,948	22,260	251,134
14:00	10,992	20,557	72,421	6,113	42,109	20,913	19,951	16,118	19,243	25,262	253,679
15:00	11,756	20,360	72,390	5,919	41,200	21,003	19,394	15,565	18,878	24,465	250,930
16:00	10,906	19,676	73,171	5,870	39,999	21,165	19,044	14,770	20,081	25,013	249,695
17:00	11,631	19,417	66,153	5,575	39,436	19,986	18,701	14,236	19,632	28,443	243,210
18:00	11,953	19,851	56,777	5,939	40,325	20,359	19,077	14,813	19,093	29,817	238,004
19:00	10,652	19,298	53,296	5,138	38,873	19,174	16,780	13,389	16,736	24,604	217,940

Horas	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	Total
20:00	10,108	17,901	46,453	4,760	36,416	17,912	13,387	12,083	14,221	27,777	201,018
21:00	8,050	16,226	41,566	3,652	23,250	14,685	10,497	10,356	11,527	21,151	160,960
22:00	5,421	13,891	26,959	2,795	15,963	11,137	7,789	8,152	8,581	15,377	116,065
23:00	3,643	9,710	20,581	1,756	10,517	8,375	5,182	5,019	6,761	10,522	82,066
Total	**195,163**	**360,202**	**1,105,093**	**94,955**	**664,056**	**344,959**	**321,580**	**253,838**	**329,862**	**437,350**	

Fuente: Elaboración propia

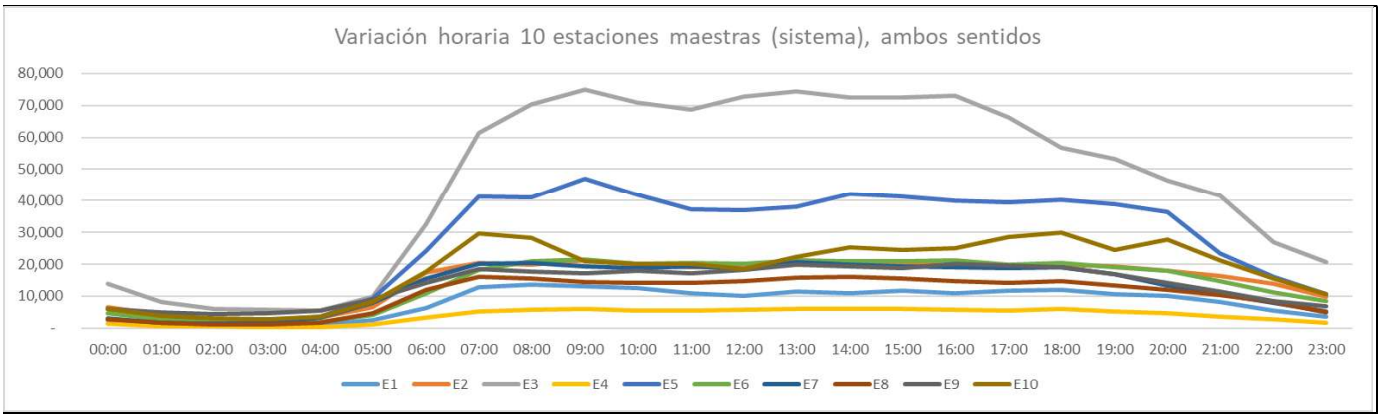
Se recalca que la estación maestra 3, es la estación donde se presenta el mayor número de vehículos a la semana y de igual forma se observa que la hora de mayor volumen vehicular en a las 9:00hrs, en términos de ciudad ya que varía para cada una de las estaciones en general.

Figura 33. Comportamiento horario del sistema



Fuente: Elaboración propia

Figura 34. Variación horaria del sistema



Fuente: Elaboración propia

Con los histogramas se obtuvieron las horas y periodos de máxima demanda, como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 34 Horas y periodos de máxima demanda de las estaciones maestras automáticas

Estación	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Hora pico Mañana	8:00 a 9:00	9:00 a 10:00	9:00 a 10:00	9:00 a 10:00	9:00 a 10:00	9:00 a 10:00	8:00 a 9:00	7:00 a 8:00	7:00 a 8:00	7:00 a 8:00
Periodo pico Mañana	8:00 a 10:00	9:00 a 11:00	9:00 a 11:00	8:00 a 10:00	9:00 a 11:00	8:00 a 10:00	7:00 a 9:00	7:00 a 9:00	7:00 a 9:00	7:00 a 9:00

Estación	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Hora pico Tarde	18:00 a 19:00	18:00 a 19:00	16:00 a 17:00	18:00 a 19:00	18:00 a 19:00	18:00 a 19:00	18:00 a 19:00	18:00 a 19:00	16:00 a 17:00	18:00 a 19:00
Periodo pico Tarde	17:00 a 19:00	17:00 a 19:00	15:00 a 17:00	17:00 a 19:00	17:00 a 19:00	17:00 a 19:00	17:00 a 19:00	17:00 a 19:00	16:00 a 18:00	17:00 a 19:00

Fuente: Elaboración propia

Se observa que las estaciones 8,9 y 10 presentan, en promedio, la hora pico de la mañana más temprano que las demás estaciones. Una posible razón es que los viajes que se originan en la zona oriente de la ciudad invierten mayor tiempo para llegar a la zona centro del municipio de Puebla, por las condiciones de conectividad.

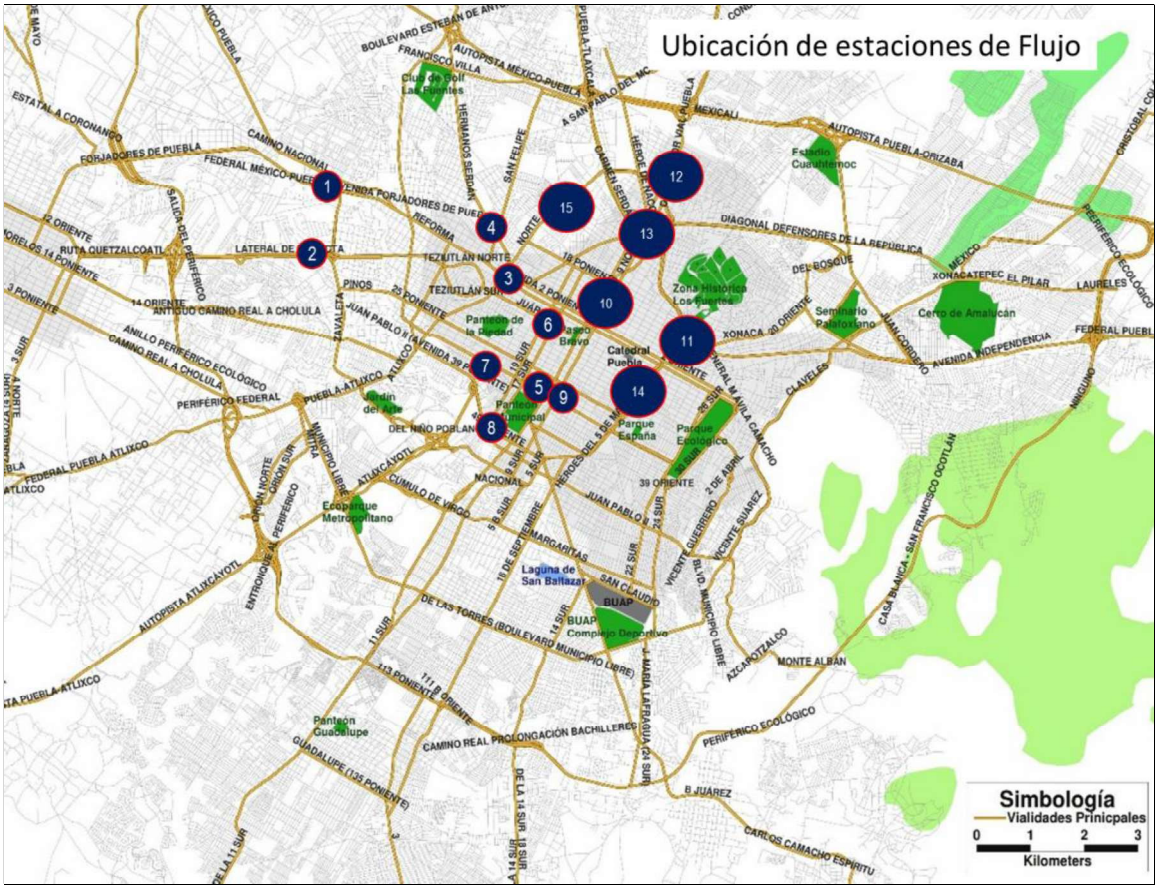
Para la hora pico de la tarde, la estación 3 presenta altos volúmenes de tránsito entre las 16:00 y 17:00hrs, debido a la cantidad de viajes con destino el hogar a estas horas de la tarde.

6.2.1.2 Conteos Manuales

Se realizaron conteos manuales clasificados por 16 horas en un día hábil, con el objetivo de obtener las fluctuaciones del tránsito durante el día y las horas de máxima demanda. Los conteos manuales permiten obtener la clasificación vial con mayor certeza y detalle que los conteos automáticos. Son por lo tanto un insumo importante para la calibración del modelo multimodal. También, permiten obtener el TDPS, ya que más del 90% del tránsito circula en las 16 horas de conteo.

Para los conteos manuales se seleccionaron 16 estaciones, ubicadas en puntos estratégicos de la red vial de manera que permitan determinar el comportamiento del tránsito en la zona central del Municipio de Puebla.

Figura 35. Ubicación de las estaciones de aforo de flujo manuales en día hábil



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla a continuación, se muestran los resultados obtenidos de las estaciones de aforo de flujo manuales para un día hábil.

Tabla 35 Resultados de las estaciones manuales de aforos de flujo en día hábil

Estación	Ubicación	Conteos y composición vehicular								
		Sentido	Autos	C2	C3	C4 o más	Combi	Autobús	Microbús	Total
1	FORJADORES-ZAVALETA	Ote-Pte	11,449	448	54	32	1,937	115	267	14,302
			80.1%	**3.1%**	**0.4%**	**0.2%**	**13.5%**	**0.8%**	**1.9%**	**100%**
	FORJADORES-ZAVALETA	Pte-Ote	20,262	348	125	34	1,892	209	128	22,998
			88.1%	**1.5%**	**0.5%**	**0.1%**	**8.2%**	**0.9%**	**0.6%**	**100%**
2	RECTA A CHOLULA-ZAVALETA	Norte - Sur	20,931	184	39	2	19	157	175	21,507
			97.3%	**0.9%**	**0.2%**	**0.0%**	**0.1%**	**0.7%**	**0.8%**	**100%**
	RECTA A CHOLULA-ZAVALETA	Sur - Norte	18,317	201	49	4	44	210	245	19,070
			96.1%	**1.1%**	**0.3%**	**0.0%**	**0.2%**	**1.1%**	**1.3%**	**100%**
3	REFORMA-27 SUR	Ote-Pte	13,010	168	29	2	651	112	65	14,037
			92.7%	**1.2%**	**0.2%**	**0.0%**	**4.6%**	**0.8%**	**0.5%**	**100%**

Estación	Ubicación	Conteos y composición vehicular								
		Sentido	Autos	C2	C3	C4 o más	Combi	Autobús	Microbús	Total
	REFORMA-27 SUR	Pte-Ote	16,221	136	19	20	1,593	203	471	18,663
			86.9%	**0.7%**	**0.1%**	**0.1%**	**8.5%**	**1.1%**	**2.5%**	**100%**
4	HNOS SERDAN- SAN FELIPE	Norte - Sur	13,166	71	26	12	615	100	88	14,078
			93.5%	**0.5%**	**0.2%**	**0.1%**	**4.4%**	**0.7%**	**0.6%**	**100%**
	HNOS SERDAN- SAN FELIPE	Sur - Norte	20,216	121	31	8	857	-	108	21,341
			94.7%	**0.6%**	**0.1%**	**0.0%**	**4.0%**	**0.0%**	**0.5%**	**100%**
5	25 PONIENTE-13 SUR	Pte-Ote	19,660	211	23	5	223	4	258	20,384
			96.4%	**1.0%**	**0.1%**	**0.0%**	**1.1%**	**0.0%**	**1.3%**	**100%**
6	17 SUR-JUAREZ	Sur - Norte	8,509	218	10	2	88	139	146	9,112
			93.4%	**2.4%**	**0.1%**	**0.0%**	**1.0%**	**1.5%**	**1.6%**	**100%**
7	25 SUR- 35 PONIENTE	Norte - Sur	27,263	178	36	2	445	99	236	28,259
			96.5%	**0.6%**	**0.1%**	**0.0%**	**1.6%**	**0.4%**	**0.8%**	**100%**
8	JUAN PABLO II-17 SUR	Ote-Pte	17,710	92	9	6	-	155	173	18,145
			97.6%	**0.5%**	**0.0%**	**0.0%**	**0.0%**	**0.9%**	**1.0%**	**100%**
	JUAN PABLO II-17 SUR	Pte-Ote	18,548	48	17	-	-	331	559	19,503
			95.1%	**0.2%**	**0.1%**	**0.0%**	**0.0%**	**1.7%**	**2.9%**	**100%**
9	9 SUR - 11 PONIENTE	Sur - Norte	3,140	16	1	-	1,578	156	2,032	6,923
			45.4%	**0.2%**	**0.0%**	**0.0%**	**22.8%**	**2.3%**	**29.4%**	**100%**
10	8 PONIENTE -2 NORTE	Pte-Ote	7,391	95	14	-	-	-	-	7,500
			98.5%	**1.3%**	**0.2%**	**0.0%**	**0.0%**	**0.0%**	**0.0%**	**100%**
11	14 ORIENTE-12 NORTE	Ote-Pte	9,192	51	2	5	1,472	662	1,211	12,595
			73.0%	**0.4%**	**0.0%**	**0.0%**	**11.7%**	**5.3%**	**9.6%**	**100%**
12	ZARAGOZA-27 SEPTIEMBRE	Norte - Sur	19,308	314	47	20	1,040	343	677	21,749
			88.8%	**1.4%**	**0.2%**	**0.1%**	**4.8%**	**1.6%**	**3.1%**	**100%**
	ZARAGOZA-27 SEPTIEMBRE	Sur - Norte	14,315	86	42	19	927	408	601	16,398
			87.3%	**0.5%**	**0.3%**	**0.1%**	**5.7%**	**2.5%**	**3.7%**	**100%**
13	DEFENSORES-3 NORTE	Ote-Pte	14,545	152	39	5	45	406	157	15,349
			94.8%	**1.0%**	**0.3%**	**0.0%**	**0.3%**	**2.6%**	**1.0%**	**100%**
	DEFENSORES-3 NORTE	Pte-Ote	12,933	96	26	7	124	302	311	13,799
			93.7%	**0.7%**	**0.2%**	**0.1%**	**0.9%**	**2.2%**	**2.3%**	**100%**
14	5 DE MAYO Y 2 ORIENTE	Norte - Sur	22,045	218	42	13	25	220	2	22,565
			97.7%	**1.0%**	**0.2%**	**0.1%**	**0.1%**	**1.0%**	**0.0%**	**100%**
	5 DE MAYO Y 2 ORIENTE	Sur - Norte	15,783	236	46	7	-	200	-	16,272
			97.0%	**1.5%**	**0.3%**	**0.0%**	**0.0%**	**1.2%**	**0.0%**	**100%**
15	BLVD. NORTE -34 PONIENTE	Norte - Sur	18,323	196	20	3	1,269	187	1,168	21,166

Estación	Ubicación	Conteos y composición vehicular								
		Sentido	Autos	C2	C3	C4 o más	Combi	Autobús	Microbús	Total
			86.6%	**0.9%**	**0.1%**	**0.0%**	**6.0%**	**0.9%**	**5.5%**	**100%**
	BLVD. NORTE -34 PONIENTE	Sur - Norte	19,200	168	23	8	957	368	1,169	21,893
			87.7%	**0.8%**	**0.1%**	**0.0%**	**4.4%**	**1.7%**	**5.3%**	**100%**
16	11 SUR-25 PONIENTE	Norte - Sur	12,277	54	11	6	4	457	26	12,835
			95.7%	**0.4%**	**0.1%**	**0.0%**	**0.0%**	**3.6%**	**0.2%**	**100%**
	11 SUR-25 PONIENTE	Sur - Norte	10,989	58	9	8	18	542	21	11,645
			94.4%	**0.5%**	**0.1%**	**0.1%**	**0.2%**	**4.7%**	**0.2%**	**100%**

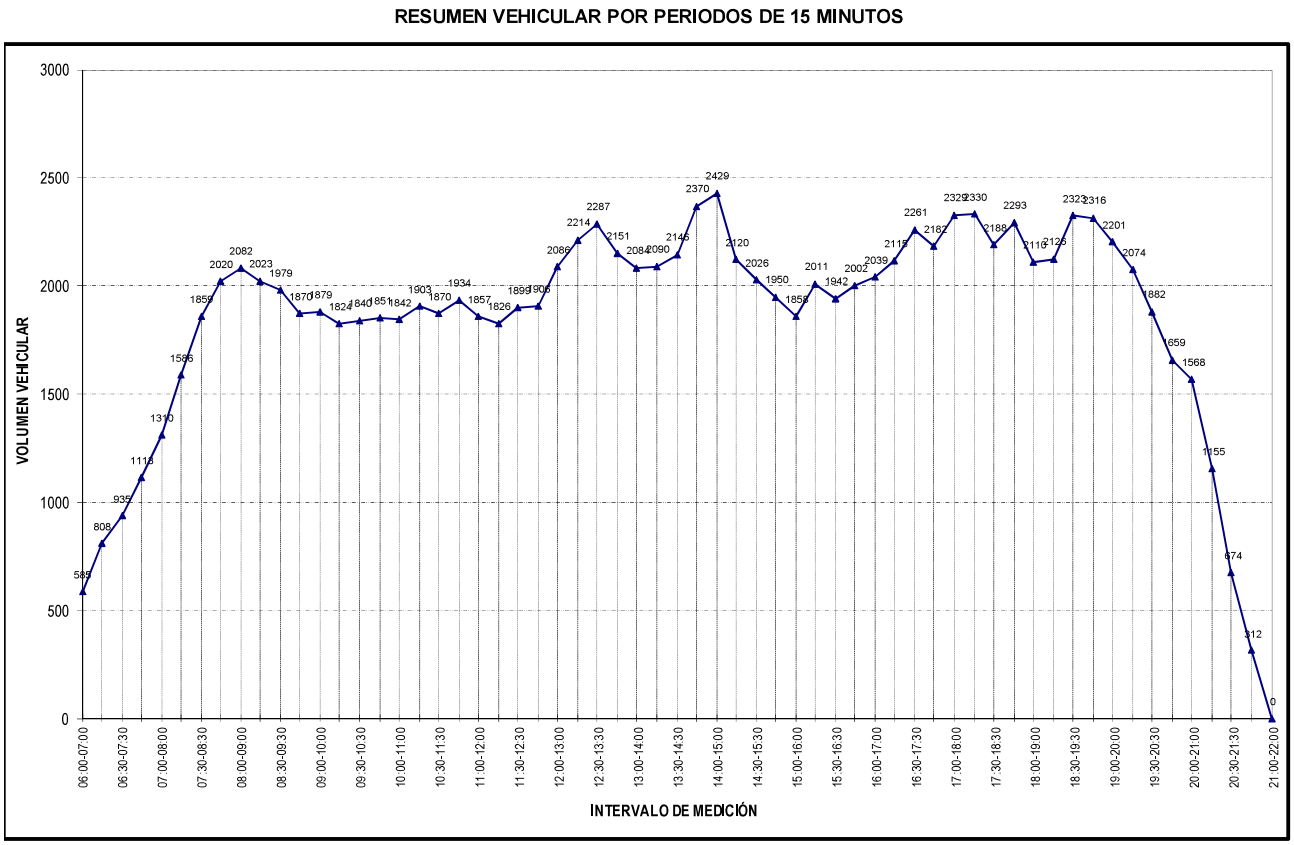
Fuente: Elaboración propia

Respecto a los resultados encontrados en las 16 estaciones manuales de flujo, se menciona lo siguiente:

- La estación 7, sobre la 25 Sur, presenta el mayor tránsito, 28,259veh/día. Es importante destacar que esta vía se convierte en la vía Atlixcáyotl, que resultó la de mayor volumen en los conteos automáticos. Por lo tanto, es el principal acceso del Municipio de Puebla.
- La estación 9, en 9 Sur con 11 poniente, presenta el mayor porcentaje de transporte público, 54.4% del volumen vehicular total, y sólo un 45.4% de vehículos privados.
- La estación 14, en 5 de Mayo y 2 poniente, está sobre una de las principales avenidas de la ciudad de Puebla. El Blvd. 5 de Mayo, al igual que la 25 Sur, es de las vialidades más importantes de la ciudad.
- En términos generales, en el servicio de transporte público, las combis representan el mayor porcentaje, con el 3.6%, los microbuses el 2.3% y los autobuses 1.4%.

En la Figura se muestra el histograma del volumen vehicular horario de la estación 7.

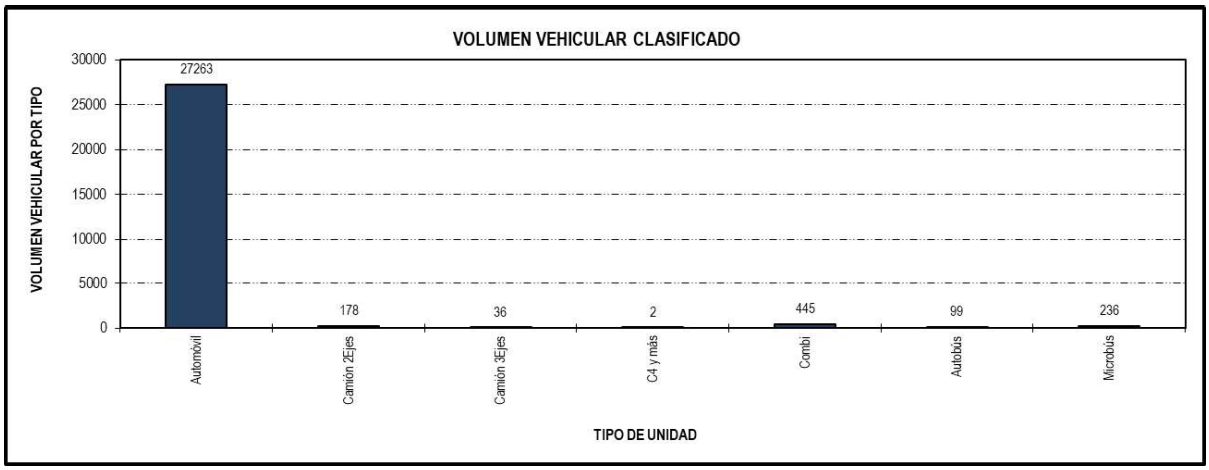
Figura 36. Histograma del volumen vehicular de la estación 7 Norte-Sur



Fuente: Elaboración propia

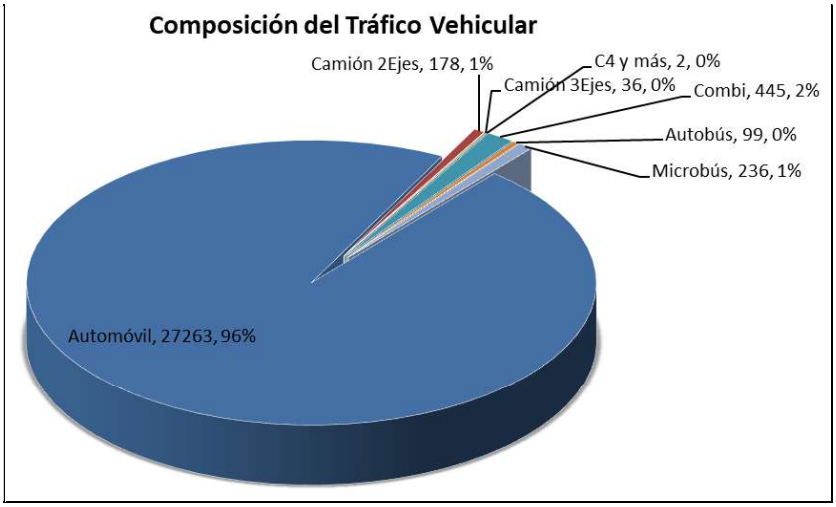
En las figuras a continuación, se presenta de forma gráfica el volumen vehicular clasificado y la composición del tráfico clasificado para la estación 7 de la calle 25 Sur y 35 poniente, en sentido norte – sur..

Figura 37. Volumen vehicular clasificado de la estación 7 Norte-Sur



Fuente: Elaboración propia

Figura 38. Composición del tráfico vehicular de la estación 7 Norte-Sur

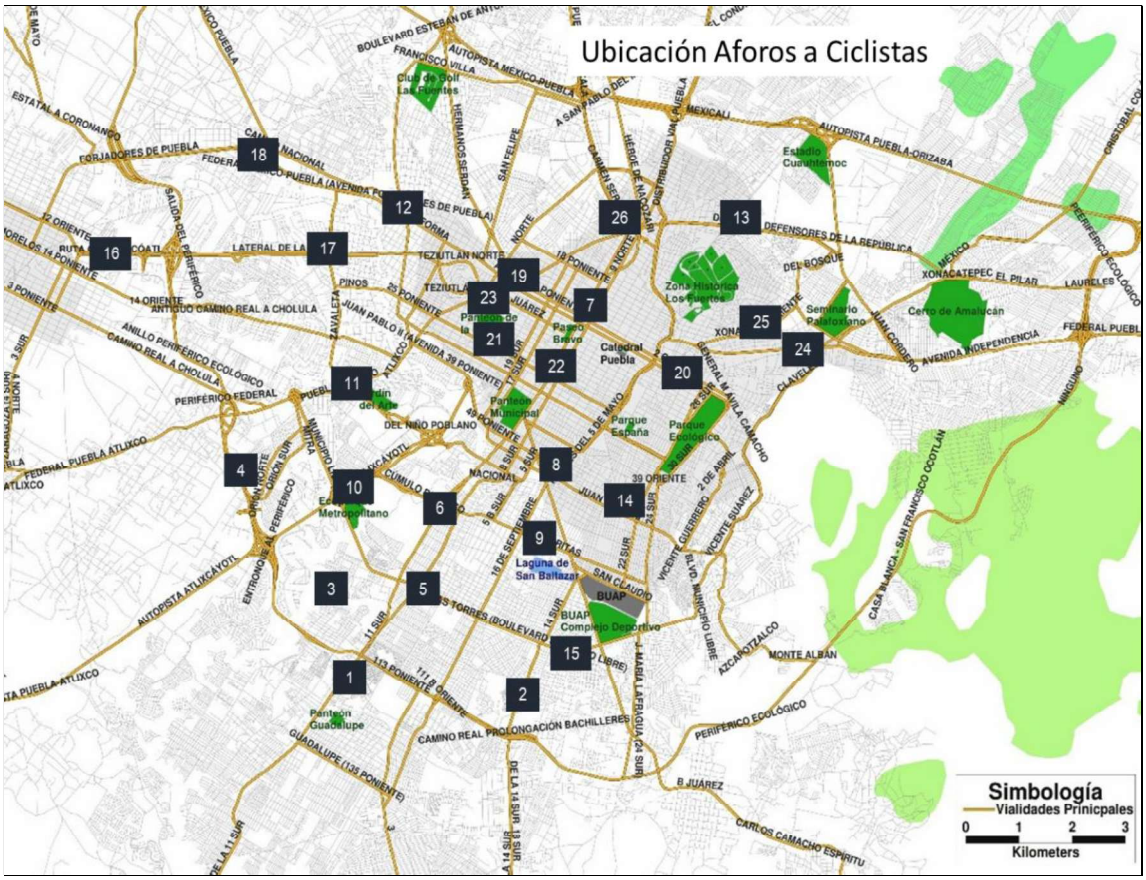


Fuente: Elaboración propia

6.2.1.3 Ciclistas

Se realizaron aforos ciclistas en 26 puntos, abarcando la mayoría de la red ciclista actual. Los conteos se realizaron en el periodo de las 8:00 a 16:00hrs. En la Tabla que sigue, se presenta la ubicación y los volúmenes de ciclistas identificados en cada estación de estudio en orden ascendente por el número de ciclistas identificados. Y en la Figura se presenta la ubicación de las estaciones de aforo ciclista.

Figura 39. Ubicación de estaciones de aforo ciclista



Fuente: Elaboración propia

Tabla 36 Ubicación de las estaciones de estudio de aforo direccional ciclista

No	Ubicación	Aforo 8 horas	Aforo HMD
6	11 Sur y Cúmulo de Virgo	333	42
14	Blvd. 14 Sur y Circuito Juan Pablo II	252	32
4	Periférico - Av. del Jaguey	250	31
1	11 Sur y Periférico	249	31
24	14 Oriente y 24 Norte	193	24
5	Av. Nacional y Municipio Libre	192	24
8	5 Sur y Blvd. Valsequillo	170	21
11	Blvd. Atlixco y Blvd. Del Niño Poblano	163	20
20	4 Poniente y 5 de Mayo	162	20
12	Pról. de la Reforma - Blvd. Esteban de Antuñano	161	20
7	11 Norte - 2 Poniente	148	19
10	Blvd. Atlixcáyotl y Av. Tec (Tec Monterrey)	146	18
25	Xonaca y 20 Oriente	138	17
2	Pról. De la 14 Sur - 111C Oriente	132	17
15	Blvd. Municipio Libre y 77 Oriente	121	15

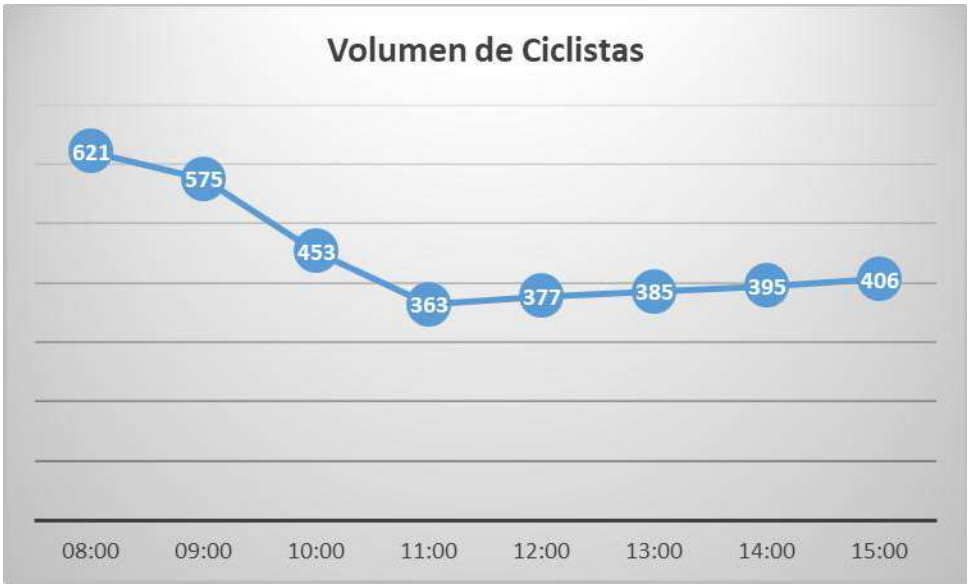
No	Ubicación	Aforo 8 horas	Aforo HMD
18	Blvd. Forjadores e Insurgentes	121	15
22	23 Poniente y 11 Sur	103	13
3	Pról. De la 19 Sur - De las Garzas	91	11
9	Av. Margaritas y Bugambilias	72	9
26	40 Poniente y 13 Norte	67	8
16	Recta a Cholula y De los Pinos	64	8
23	Av. Juárez y Tlaxco	63	8
17	Recta a Cholula y Calz. Zavaleta	60	8
21	23 Sur y 25 Poniente	52	7
19	Diag. Defensores de la República y 4 Poniente	42	5
13	Diag. Defensores de la República y Calz. Ignacio Zaragoza	38	5

Fuente: Elaboración propia

La estación en donde circulan el mayor número de ciclistas en el horario estudiado es la Av. 11 Sur y Cúmulo de Virgo, con 333 ciclistas en el período aforado y de 42 ciclistas en la HMD. Sigue el Blvd. 14Sur y Circuito Juan Pablo Segundo con 352 ciclistas en las horas aforadas. Siguen las Calles Periférico - Av. del Jaguey, 11 Sur y Periférico y 14 Oriente y 24 Norte con 250, 249 y 193 ciclistas respectivamente.

El periodo en donde se presentó el mayor número de ciclistas fue entre las 8:00 y 9:00hrs, con el 17.4% de los usuarios registrados. En la Figura a continuación se presenta el perfil de la demanda ciclista entre 8:00 y 16:00hrs.

Figura 40. Comportamiento de Usuarios ciclistas



Fuente: Elaboración propia

En el mismo formato de aforo de los usuarios ciclistas se identificaron otros aspectos, como el género, la edad, si llevaba accesorio como casco, chaleco o nada; y el sentido de circulación en el cual se dirigía. De esto se tiene que:

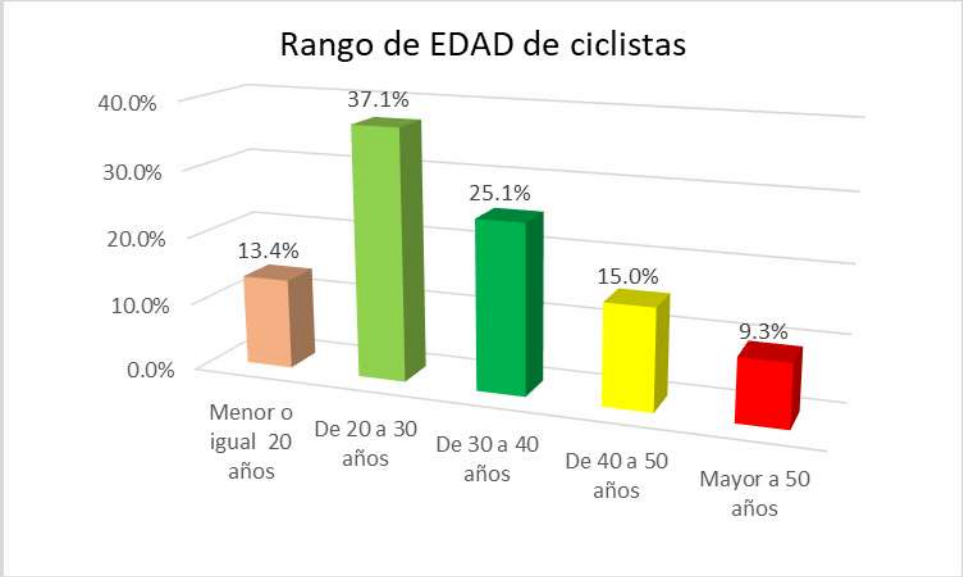
- El 91.6% de los usuarios ciclistas eran del sexo masculino
- Casi el 86.6% de los usuarios manifestaron tener edad entre 20 y 60 años, lo que nos indicaría que son ciclistas que se dirigen a actividades de tipo laboral
- En cuanto a los accesorios de seguridad, sólo el 2.3% utilizaba chaleco y 25.6% casco; el 68.5% de los usuarios ciclistas observados no utilizan ningún elemento de seguridad.
- En la relación al sentido de circulación el 54% de los usuarios ciclistas circulaban en sentido hacia el norte y hacia el sur; mientras que el 46% circula en sentido oriente poniente.

Figura 41 Tipo de sexo de los usuarios Ciclistas



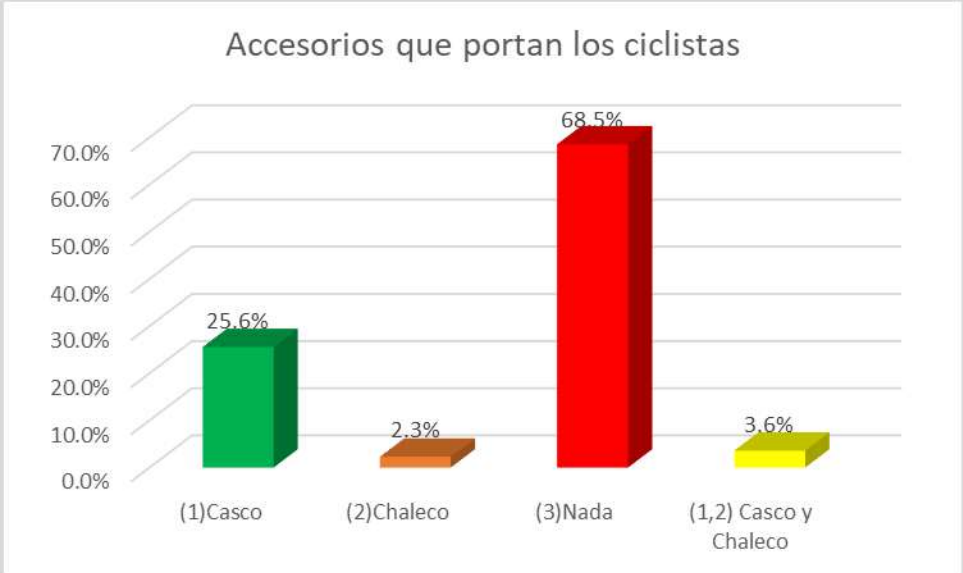
Fuente: Elaboración propia

Figura 42 Rangos de Edades de los usuarios Ciclistas



Fuente: Elaboración propia

Figura 43 Tipo de accesorios que llevaba los usuarios Ciclistas



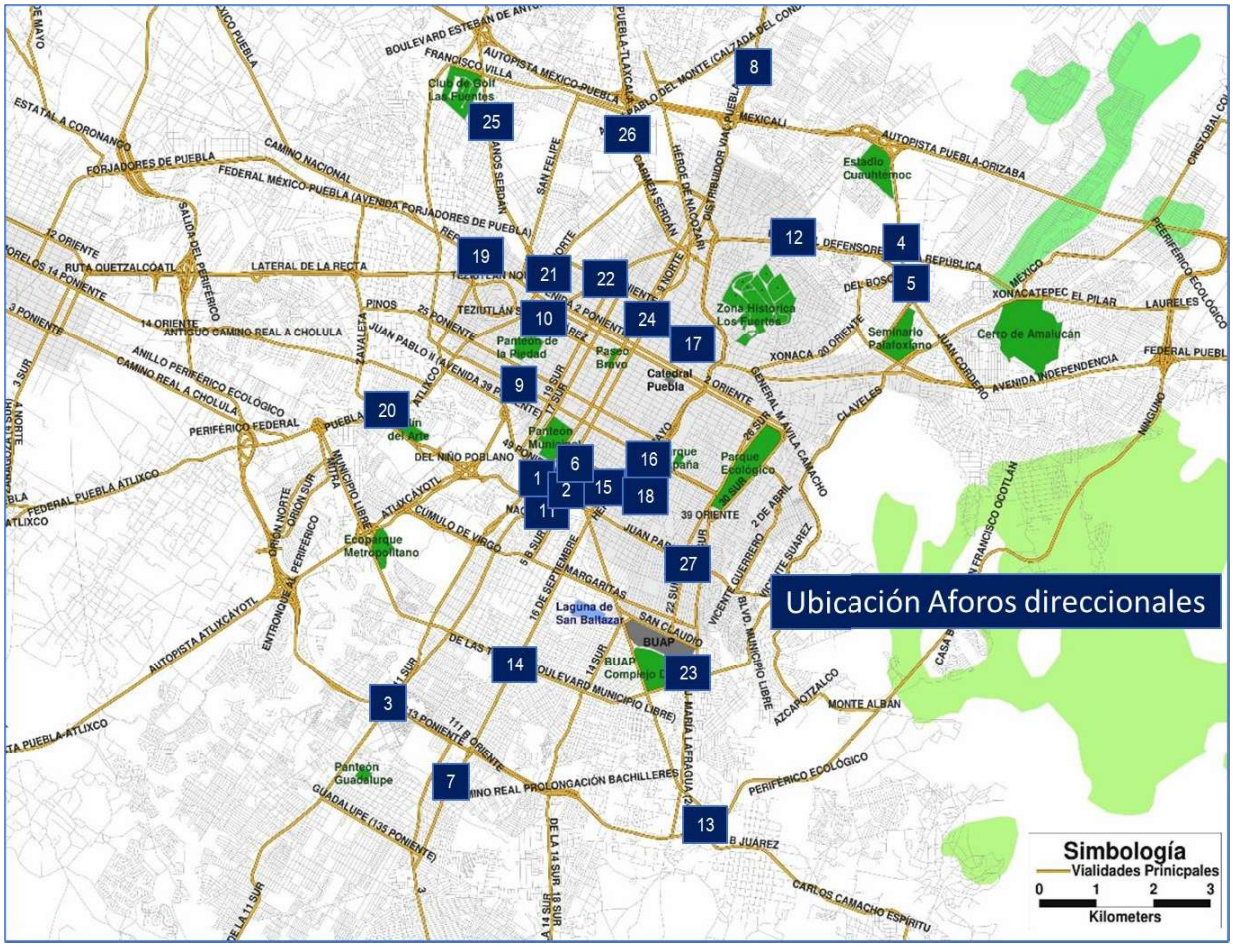
Fuente: Elaboración propia

6.2.2 Análisis de intersecciones

La figura que sigue muestra las intersecciones en las cuales se realizaron conteos direccionales. Los aforos direccionales son los usados para determinar los indicadores de operación en las

intersecciones, a través de los análisis operacionales. Por lo tanto, permiten identificar las intersecciones críticas en lo relativo a la congestión.

Figura 44. Ubicación de las intersecciones (aforos direccionales) en la ciudad de Puebla



Fuente: Elaboración propia

Se analizaron 26 intersecciones en el Municipio de Puebla, priorizando las intersecciones conflictivas o con alto número de siniestros, identificadas por el equipo de seguimiento del proyecto.

Tabla 37 Ubicación de las intersecciones analizadas

No.	Principal	Cruza
1	Cto. Juan Pablo II	11 Sur
1	Cto. Juan Pablo II	9 Sur
2	Periférico Ecológico	Calle 11 Sur
3	Blvd. 18 de Noviembre	Av. Camino Real a Manzanilla
4	Blvd. 18 de Noviembre	Diagonal Defensores de la República
5	Blvd. Capitán Carlos Camacho Espíritu	Calle 7 Sur
6	Av. 16 de Septiembre	119 Pte.
7	Vía Corta a Santa Ana	Frente a Central de Abastos

No.	Principal	Cruza
8	Av. 31 Pte.	Calle 25 Sur
9	Av. Juárez	Fuente de los Frailes
10	Calle 49 Pte.	Calle 9 Sur
11	Calzada Ignacio Zaragoza	Diagonal Defensores de la República
12	Blvd. Capitán Carlos Camacho Espíritu	Periférico Ecológico
13	Blvd. Municipio Libre	Av. 16 de Septiembre
14	Blvd. 5 de mayo	Calle 5 Sur
15	Blvd. 5 de mayo	Av. 31 Ote.
16	Av. 10 Ote.	Calle 4 Nte.
17	Blvd. 5 de mayo	Calle 2 Sur
18	Prolongación Reforma	Teziutlán Sur
19	Blvd Atlixco	Blvd. Niño Poblano
20	Blvd. Norte	Av. 10 Pte
21	Diagonal Defensores de la República	Av. 18 Pte.
22	Blvd. Municipio Libre	Diagonal Río Papagayo
23	Calle 11 Norte	Calle 6 Pte
24	Blvd. Hermanos Serdán	Av. 15 de mayo
25	Blvd. Carmen Serdán	Calle 5 de Febrero
26	Cto. Juan Pablo II	Blvd. 22 Sur

Fuente: Elaboración propia

En cada ubicación se realizó el levantamiento físico de las intersecciones y el conteo direccional vehicular de 4 horas consecutivas para el periodo pico matutino entre 6 y 10 de la mañana.

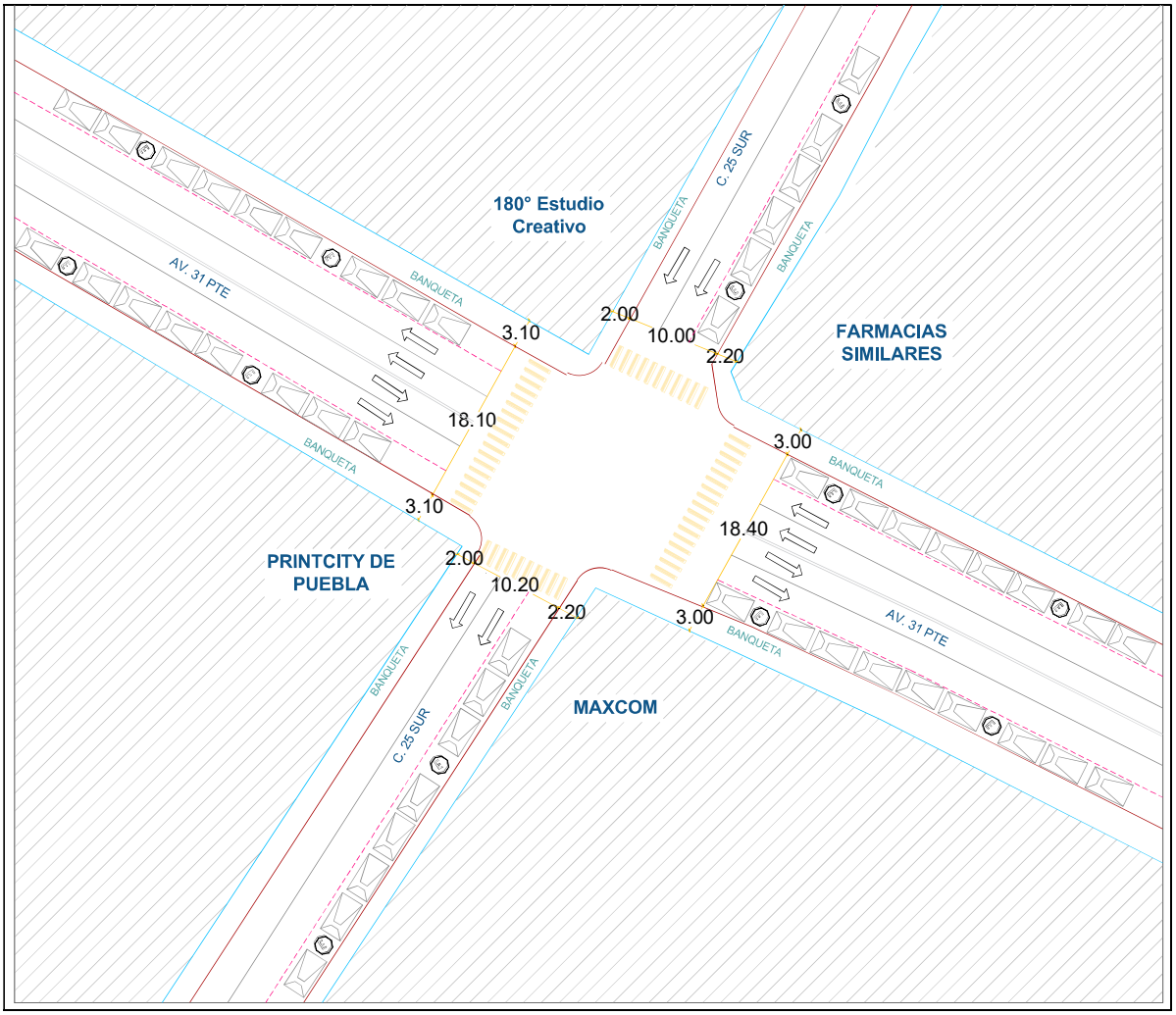
6.2.2.1 Levantamiento físico

Los datos que se recopilaron con el levantamiento físico son los siguientes:

- Medición del ancho de las secciones de los accesos que convergen a la intersección.
- Identificación del número de carriles por cada acceso.
- Identificación del sentido de circulación de los accesos.
- Identificación de estacionamiento en la zona de influencia del acceso.

En la Figura a continuación se muestran las características físicas de unas intersecciones a manera de ejemplo.

Figura 45. Levantamiento físico de la intersección. Av. 31 poniente y 25 sur



Fuente: Elaboración propia

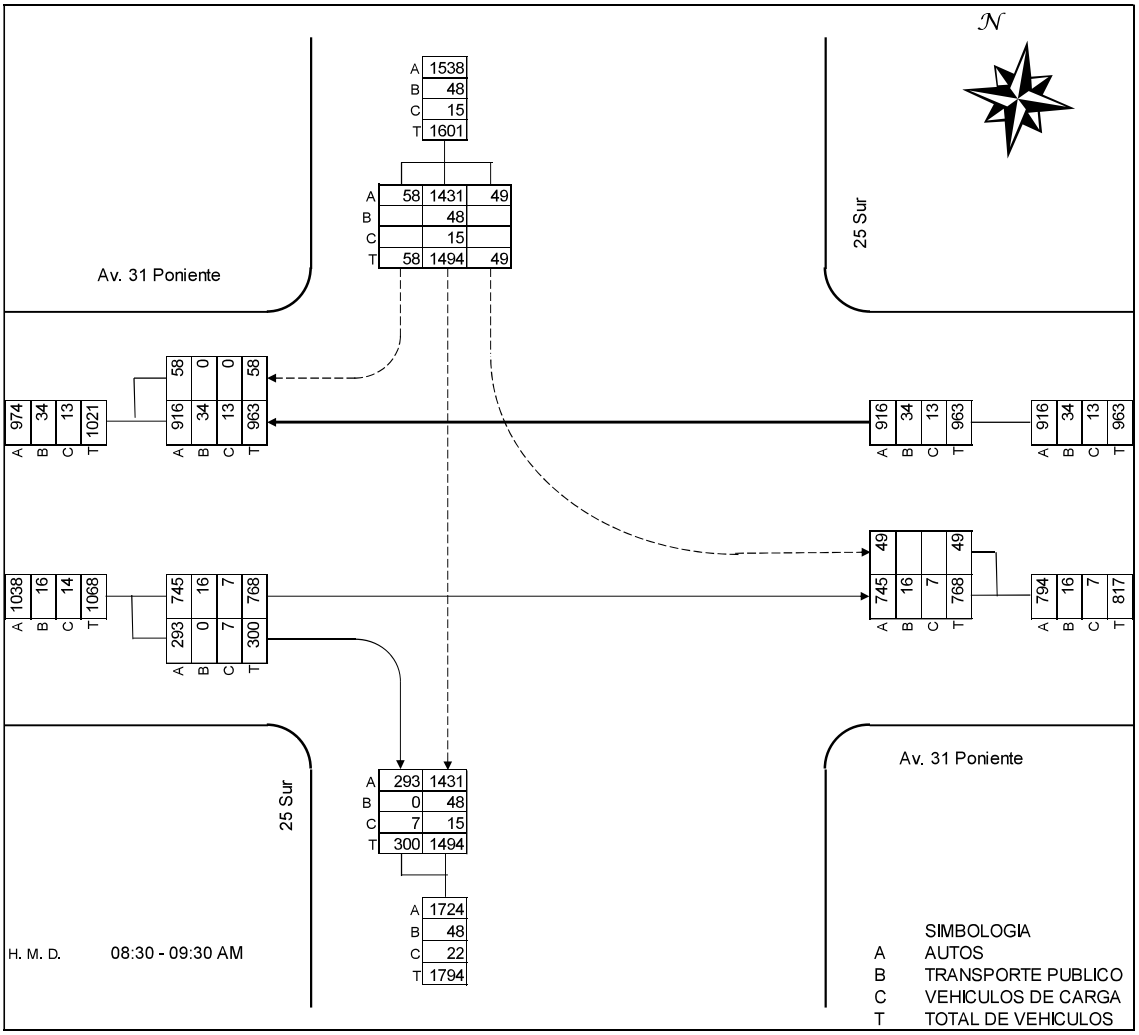
6.2.2.2 Levantamiento operacional

Para el levantamiento operacional se realizaron las siguientes acciones:

- Medición e identificación de las fases de los ciclos semafóricos.
- Identificación de los movimientos vehiculares permitidos por acceso.
- Aforo direccional para los diferentes movimientos observados.

En la siguiente Figura se muestra el volumen vehicular para la hora de máxima demanda de la mañana de la intersección Av. 31 poniente y 25 sur..

Figura 46. Levantamiento operacional de la intersección. Av. 31 poniente y 25 sur



Fuente: Elaboración propia

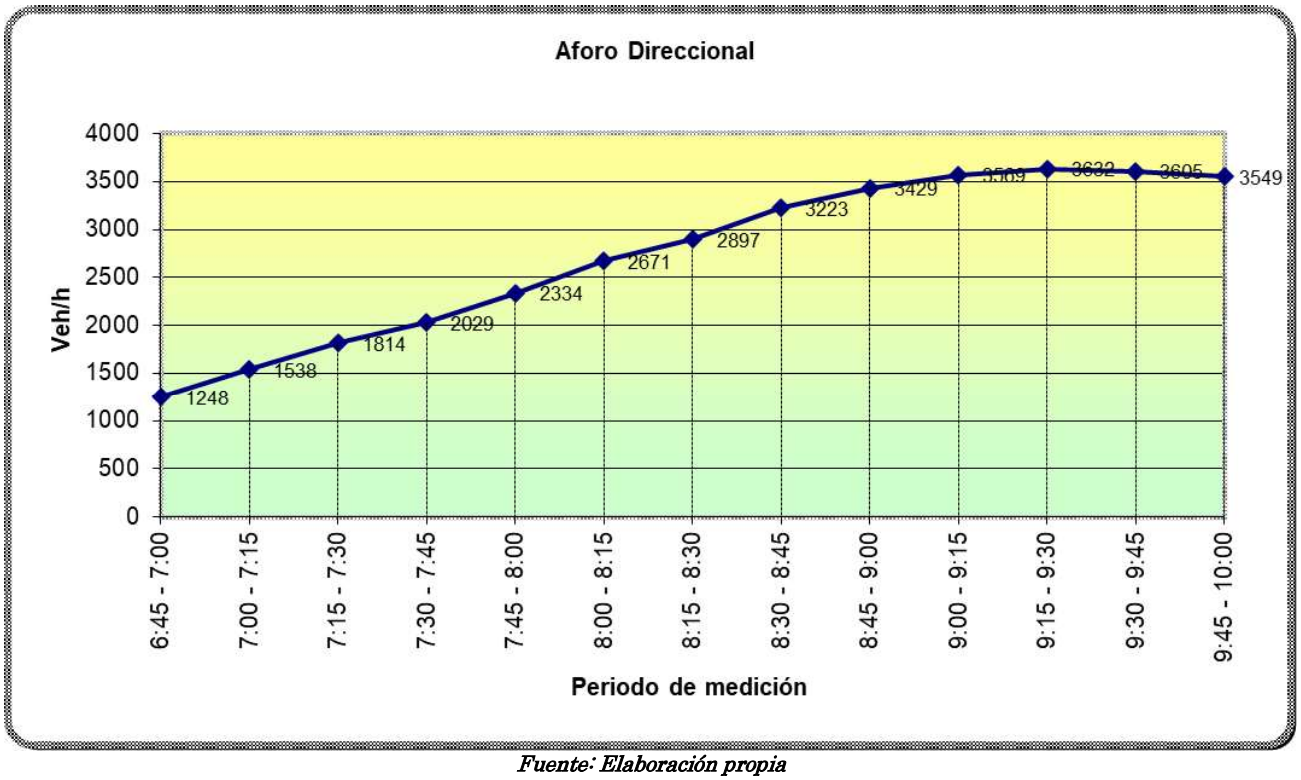
6.2.2.3 Análisis de capacidad y niveles de servicio

El análisis de capacidad se basa en los siguientes los insumos:

- Las características físicas de la intersección.
- El aforo direccional en la hora de máxima demanda.
- Características de los dispositivos de control (tipo, fases y duración del ciclo).

En la Figura se muestra la gráfica para la intersección Av. 31 poniente y 25 sur, con el volumen vehicular horario a cada 15 minutos para determinar con precisión la hora de máxima demanda en el periodo de análisis.

Figura 47. Volumen horario de la intersección Av. 31 poniente y 25 sur



Fuente: Elaboración propia

Se realizó el análisis de capacidad con el software Synchro 11.0, una herramienta que contiene los lineamientos del Highway Capacity Manual (HCM) y que permite determinar los indicadores de operación y el nivel de servicio. Synchro además permite realizar una micro simulación de la intersección analizada que refleja las condiciones operativas vistas en el sitio.

En la Tabla se presentan los indicadores de operación clave de las 27 intersecciones seleccionadas.

Tabla 38 Nivel de servicio y capacidad de las intersecciones analizadas

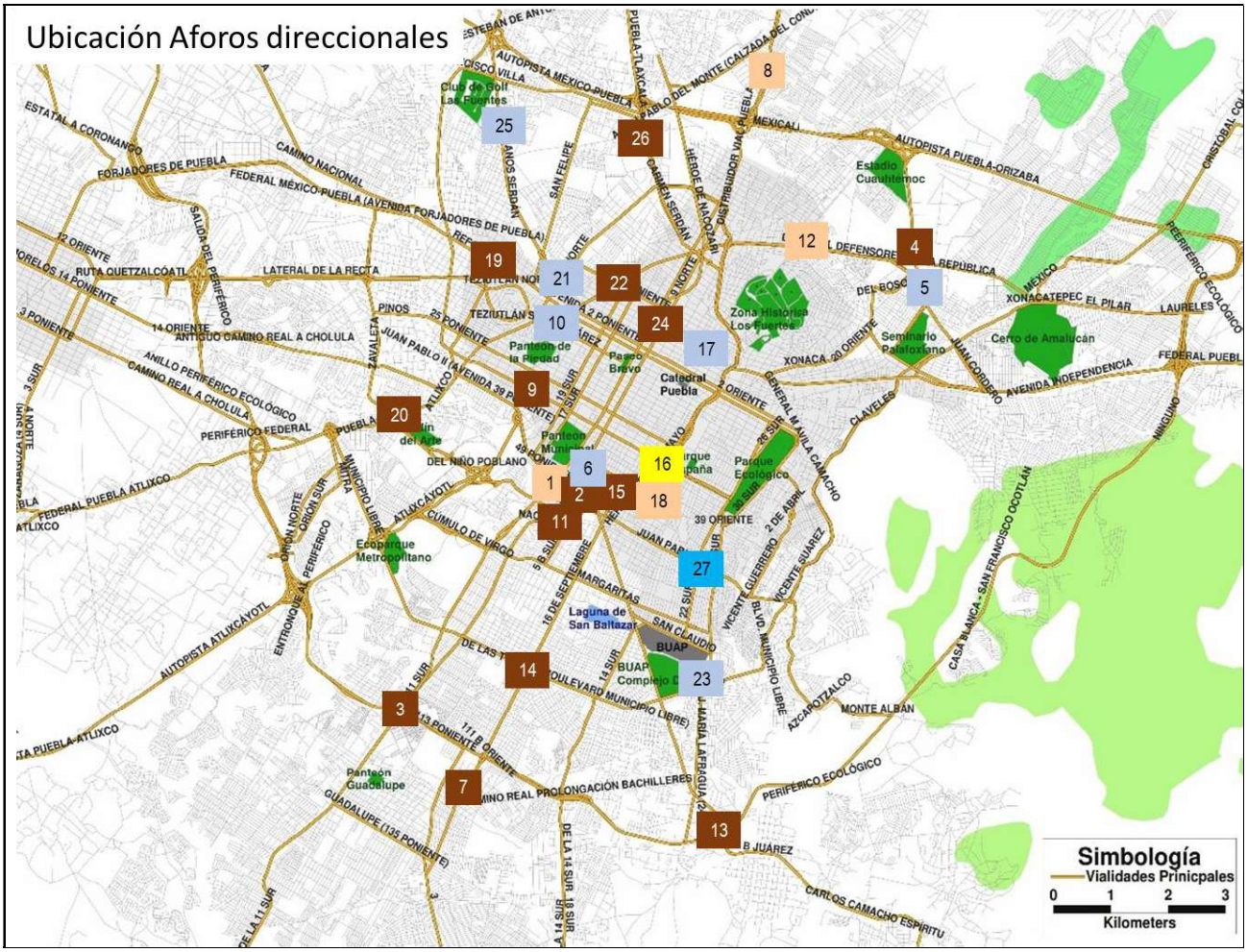
No.	Principal	Cruza	Demora promedio (seg/veh)	Nivel de servicio
1	Cto. Juan Pablo II	11 Sur	40	**D**
1	Cto. Juan Pablo II	9 Sur	29	**C**
2	Periférico Ecológico	Calle 11 Sur	115	**F**
3	Blvd. 18 de Noviembre	Av. Camino Real a Manzanilla	89	**F**
4	Blvd. 18 de Noviembre	Diagonal Defensores de la República	235	**F**
5	Blvd. Capitán Carlos Camacho Espíritu	Calle 7 Sur	29	**C**
6	Av. 16 de Septiembre	119 Pte.	22	**C**
7	Vía Corta a Santa Ana	Frente a Central de Abastos	132	**F**
8	Av. 31 Pte.	Calle 25 Sur	37	**D**

No.	Principal	Cruza	Demora promedio (seg/veh)	Nivel de servicio
9	Av. Juárez	Fuente de los Frailes	135	**F**
10	Calle 49 Pte.	Calle 9 Sur	29	**C**
11	Calzada Ignacio Zaragoza	Diagonal Defensores de la República	104	**F**
12	Blvd. Capitán Carlos Camacho Espíritu	Periférico Ecológico	38	**D**
13	Blvd. Municipio Libre	Av. 16 de Septiembre	192	**F**
14	Blvd. 5 de mayo	Calle 5 Sur	123	F
15	Blvd. 5 de mayo	Av. 31 Ote.	134	F
16	Av. 10 Ote.	Calle 4 Nte.	10	**A**
17	Blvd. 5 de mayo	Calle 2 Sur	27	**C**
18	Prolongación Reforma	Teziutlán Sur	37	**D**
19	Blvd Atlixco	Blvd. Niño Poblano	89	**F**
20	Blvd. Norte	Av. 10 Pte	216	**F**
21	Diagonal Defensores de la República	Av. 18 Pte.	31	**C**
22	Blvd. Municipio Libre	Diagonal Río Papagayo	129	**F**
23	Calle 11 Norte	Calle 6 Pte	33	**C**
24	Blvd. Hermanos Serdán	Av. 15 de mayo	98	**F**
25	Blvd. Carmen Serdán	Calle 5 de Febrero	32	**C**
26	Cto. Juan Pablo II	Blvd. 22 Sur	34	**F**

Fuente: Elaboración propia

La Figura muestra geográficamente los niveles de servicio y la Tabla muestra los rangos para los diferentes niveles de servicio de acuerdo a la metodología del HCM.

Figura 48. Niveles de Servicio de la intersección evaluadas



Fuente: Elaboración propia

Tabla 39 Niveles de servicio para intersecciones semaforizadas de acuerdo con el HCM

Nivel de Servicio	Demoras por vehículo (seg/veh)
A	<= 10
B	>10 y <=20
C	>20 y <=35
D	>35 y <=55
E	>55 y <=80
F	>80

Fuente: Elaboración propia

Los rangos para los diferentes niveles de servicio se basan en la demora promedio por vehículo en una intersección semaforizada.

Las intersecciones con mejores indicadores de desempeño serán aquellas que tenga un nivel de servicio A, esto es, una demora menor a los 10 segundos, mientras que las intersecciones que muestren un nivel de servicio F, serán las que tengan el peor nivel de servicio y la mayor cantidad de demoras, que será superior a los 80 segundos.

De los indicadores de desempeño encontrados en las intersecciones analizadas se menciona lo siguiente:

- Se detectó que 14 intersecciones muestran un nivel de servicio F, esto es un 52% de las intersecciones analizadas.
- Por otra parte 26 de las 27 intersecciones analizadas tienen un grado de saturación superior a 1, esto es el 96% de éstas.
- La mayoría de las intersecciones presentan niveles de servicio tipo C a F donde se inicia el grado de saturación de la intersección. Y como se comentó con niveles de servicio en E y F es preciso buscar soluciones de alto impacto y bajo costo en lo posible.

Se detectaron posibilidades de mejora en la gestión vial del Municipio de Puebla:

- Se encontraron ciclos de semáforo superiores a los 120 segundos, que incrementa las demoras en los accesos con fase roja y la longitud de vehículos.
- Sobre algunas intersecciones estudiadas se detectó que el estacionamiento en vía pública es permitido o tolerad; con lo cual se reduce la capacidad vial en un 25%, esto es 1 de 4 carriles, teniendo sólo 3 para circulación.
- También se identificó la existencia de mala gestión, planeación y operación del transporte público, los cuales provocan fricción y demoras en la circulación debido a maniobras de ascenso y descenso de pasaje hasta en segundo carril, maniobras de rebase hasta tercer carril, todo esto contribuye a la reducción de capacidad.
- Existen intersecciones donde la bahía de almacenamiento para giros a la izquierda tiene una longitud muy corta que provocan colas sobre el carril de extrema izquierda.

6.2.3 Análisis de velocidades

El estudio de velocidades permite visualizar la eficiencia de las vialidades analizadas. El desempeño es medido por la velocidad promedio de la vialidad. Este estudio permite identificar zonas con demoras excesivas.

El estudio de velocidades se realiza mediante el método del vehículo flotante, en el cual el conductor viaja a la velocidad promedio del flujo vehicular. Las condiciones de la vialidad serán las que determinen la velocidad promedio en campo.

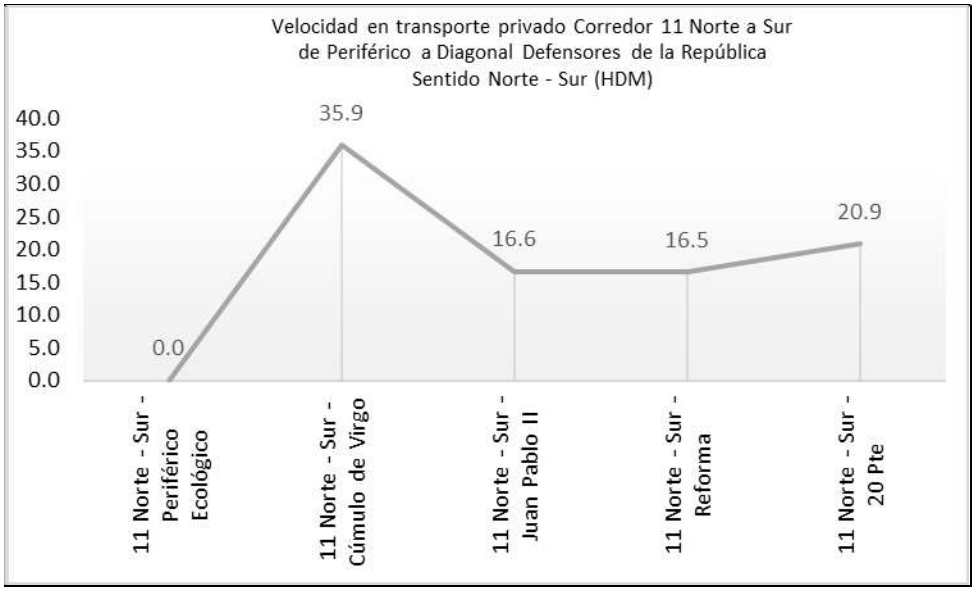
El estudio se realizó entre las 7:00 y 9:00hrs de la mañana para un día hábil en las principales vialidades del Municipio de Puebla. En la Figura se muestra la gráfica del comportamiento de velocidades para la Avenida 11 Norte – Sur en ambos sentidos (periférico – Diagonal Defensores).. La tabla a continuación muestra los tramos estudiados:

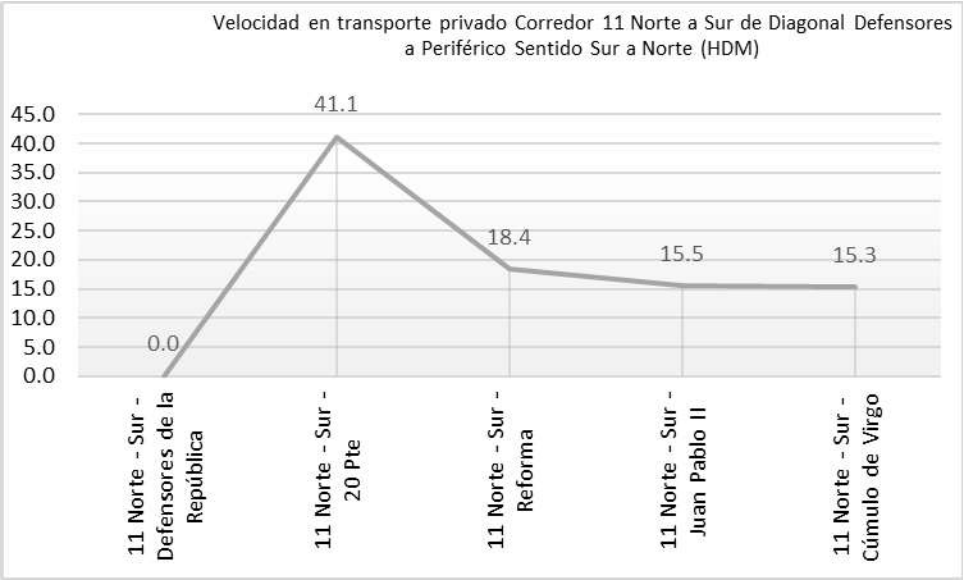
Tabla 40 Vialidades para el estudio de análisis de velocidad por el método de vehículo flotante

Calle	Tramo	Tramo
Vía Atlixcáyotl	Periférico	Circuito Juan Paulo II
11 Norte - Sur	Periférico	Diagonal Defensores de la República
Recta a Cholula - Av. Juárez	Periférico	13 Sur (Paseo Bravo)
Blvd. Forjadores - Reforma	Periférico	Calle 26 Sur
Blvd. Hermanos Serdán	Autopista Mexico-Puebla	Blvd. Norte
Blvd. Atlixco - Blvd. Norte - Blvd. 5 de Mayo - Blvd. Juan Pablo II	Periférico	Blvd. Atlixco
Av. 14 Oriente	Periférico	Blvd. 5 de Mayo
Calle 20 Ote-Blvd. Xonaca-De la Rosa	calle 54 Norte	Blvd. 5 de Mayo
3 Sur-Norte	Blvd. 5 de Mayo	Blvd. 5 de Mayo
Blvd. Carmen Serdán Carr. Puebla-Tlaxcala	Calle Benito Juárez	Diagonal Defensores de la República
Blvd. Carlos Camacho Espíritu - Blvd. Valsequillo	11 Sur	San Francisco Totimehuacán (centro)
Diagonal Defensores de la República	Periférico	Av. Juárez

Fuente: Elaboración propia

Figura 49. Velocidades para la Av. 11 Norte - Sur





Fuente: Elaboración propia

En la tabla a continuación, se presentan las velocidades promedio para las vialidades en estudio y más adelante las conclusiones

Tabla 41 Velocidades promedio para las vialidades en estudio (vehículo flotante)

Calle	Sentido	Velocidad promedio (km/hr)
Vía Atlixcáyotl	Norte-Sur	61.1
	Sur-Norte	52.1
11 Norte - Sur	Norte-Sur	22.6
	Sur-Norte	22.5
Recta a Cholula - Av. Juárez	Oriente-Poniente	43.5
	Poniente-Oriente	29.5
Blvd. Forjadores - Reforma	Oriente-Poniente	26
	Poniente-Oriente	26.4
Blvd. Hermanos Serdán	Norte-Sur	21.7
	Sur-Norte	40
Blvd. Atlixco - Blvd. Norte - Blvd. 5 de Mayo - Blvd. Juan Pablo II	Poniente-Oriente	26.8
Av. 14 Oriente	Oriente-Poniente	33.8
	Poniente-Oriente	23
Calle 20 Ote-Blvd. Xonanca-De la Rosa	Oriente-Poniente	14.3
	Poniente-Oriente	14.4
Blvd. Carmen Serdan Carr. Puebla-Tlaxcala	Norte-Sur	11.5
	Sur-Norte	20.4
Blvd. Carlos Camacho Espirutu - Blvd. Valsequillo	Oriente-Poniente	20.6
	Poniente-Oriente	30.9
Diagonal Defensores de la República	Oriente-Poniente	24.4
	Poniente-Oriente	27.6

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados del estudio de velocidades se menciona lo siguiente:

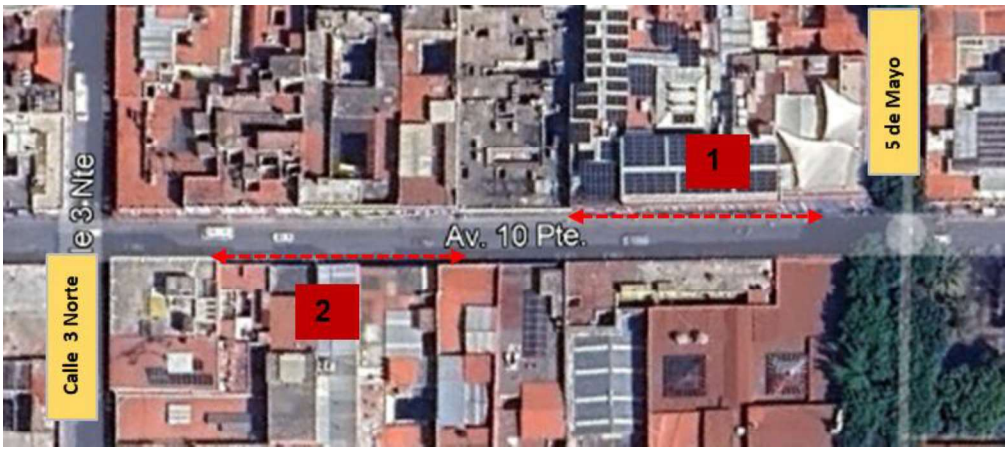
- La vialidad conformada por el Blvd. Carmen Serdán - Carr. Puebla-Tlaxcala en el tramo de Calle Benito Juárez a Diagonal Defensores de la República, presenta la menor velocidad de operación de tránsito, con 11.5km. Esto se debe a que ésta es una vialidad que se encuentra en una zona con alta dinámica comercial; además de la Central de Autobuses de Puebla y la gran presencia de transporte público de tipo foráneo, suburbano y urbano.
- La Vía Atlixcáyotl, a pesar de ser la vialidad que mayores volúmenes de tránsito, presenta buenas velocidades de operación entre los 61.0 y 52.0 km/hr, en el rango de la velocidad permitida (80km/hr).
- La Calle 20 Ote-Blvd. Xonaca-De la Rosa en el tramo de calle Benito Juárez a Blvd. 5 de Mayo, presenta una velocidad promedio 14.0km/hr.
- En términos generales, las velocidades de operación observadas son típicas de una ciudad de la magnitud de Puebla, observándose tramos críticamente congestionados por diversos aspectos: las operaciones de ascenso y descenso de pasajeros del transporte público, el exceso de estacionamiento sobre la vía y exceso de volumen vehicular para la capacidad de las vías.

6.2.4 Análisis de aforos peatonales

Los aforos peatonales tienen la finalidad de identificar zonas importantes donde el tránsito peatonal requiera de infraestructura adecuada como semáforos peatonales, señalamiento horizontal, ampliación de banquetas, además de mejorar la seguridad vial y disminuir accidentes que involucren al peatón.

El estudio de aforos peatonales se realizó en el periodo de 10:00 a 18:00hrs en calles del centro histórico de la ciudad de Puebla. Estas zonas fueron identificadas por su importante dinámica peatonal. En las Figuras a continuación se muestra la ubicación de los puntos de aforo y el histograma de volumen peatonal de la estación 10 Poniente (3 Norte-5 Mayo)..

Figura 50. Ubicación de la estación 10 Poniente (entre 3 Norte-5 Mayo)



Fuente: Elaboración propia

Figura 51. Distribución horaria de peatones en la estación 10 Poniente (entre 3 Norte-5 Mayo)



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla se muestran los resultados y ubicación de las intersecciones con aforo peatonal.

Tabla 42 Resultado de los aforos peatonales

No.	Intersección	Sentido	Aforo Peatonal								Volumen peatonal
			10:00-11:00	11:00-12:00	12:00-13:00	13:00-14:00	14:00-15:00	15:00-16:00	16:00-17:00	17:00-18:00	
1	Reforma (3 Sur-5 de Mayo)	Pte - Ote -Pte	536	1,311	1,519	1,861	2,169	2,158	1,821	1,900	13,275
2	2 Poniente (3 Norte-5 Mayo)	Pte - Ote -Pte	562	974	1,448	1,619	1,608	1,576	1,317	1,694	10,798
3	4 Poniente (3 Norte-5 Mayo)	Pte - Ote -Pte	461	668	859	934	822	861	723	444	5,772
4	8 Poniente (3 Norte-5 Mayo)	Pte - Ote -Pte	968	1,574	1,816	2,126	2,255	2,062	1,971	1,775	14,547
5	10 Poniente (3 Norte-5 Mayo)	Pte - Ote -Pte	1,184	1,552	1,773	2,020	2,173	2,183	2,228	1,890	15,003
6	3 Poniente (3 Sur-16 de Septiembre)	Pte - Ote -Pte	542	558	743	661	657	848	645	605	5,259
7	2 Norte (Reforma-2 Oriente)	Nte-Sur-Norte	653	906	999	1,145	1,426	1,465	1,154	1,229	8,977
8	5 Poniente (3 Sur-16 Septiembre)	Pte - Ote -Pte	365	469	414	487	504	443	445	458	3,585

Fuente: Elaboración propia

De los resultados obtenidos se puede mencionar lo siguiente:

- De las 8 estaciones donde se realizaron aforos peatonales, la estación 5, 10 Poniente (3 Norte-5 Mayo) tiene el mayor volumen horario, con 2,228 peatones/h.
- La estación 5 Poniente (3 Sur-16 Septiembre) muestra el menor volumen peatonal en la hora pico con 365 peatones/h. El volumen bajo puede deberse a la poca cercanía del centro histórico y el bajo nivel comercial de la calle.
- Considerando la totalidad de las estaciones en la hora de mayor volumen peatonal, en el horario de 14:00 a 15:00hrs con 11,614 peatones.
- En términos generales se puede decir que las estaciones donde se levantó la información tienen un importante movimiento de peatones.

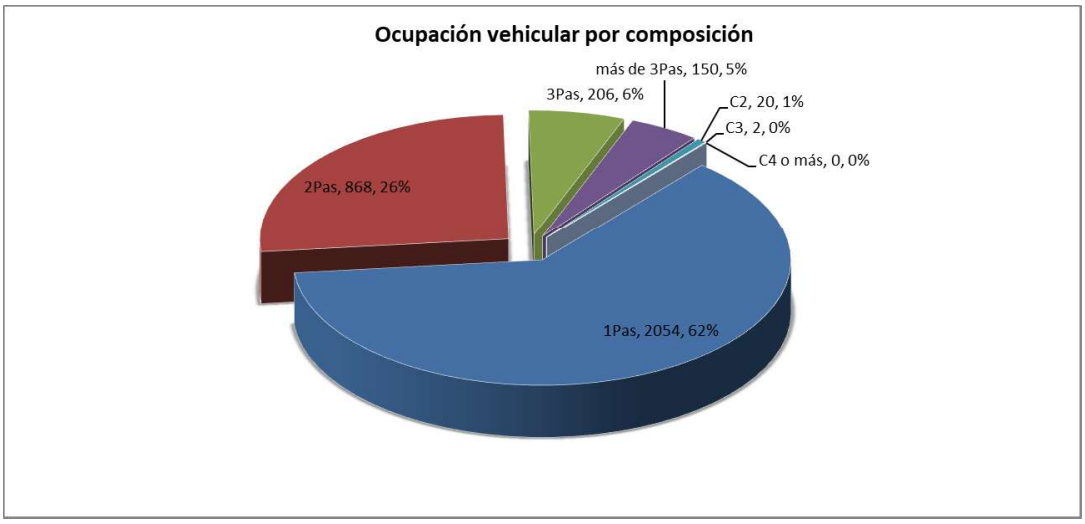
6.2.5 Análisis de ocupación vehicular

El estudio de ocupación vehicular en transporte privado permite conocer el número de personas que transitan en la modalidad privada y además la eficiencia de la relación entre personas transportadas y número de vehículos.

Se hizo una comparación para la hora pico del estudio con el equivalente para transporte público (identificado en el componente de frecuencia de paso y ocupación visual), para comparar eficiencia de la movilidad de ambos modos.

En la Figura se muestra el gráfico de los índices de ocupación del punto 9 Sur y 11 Poniente en sentido sur – norte.. En la Tabla más adelante se muestran los resultados obtenidos por estación estudiada.

Figura 52. Gráfica de la ocupación vehicular en la estación 9 sur y 11 poniente (sentido Norte-Sur)



Fuente: Elaboración propia

Tabla 43 Índice de ocupación de transporte privado (autos)

NO.	UBICACIÓN	Sentido	Índice de ocupación
1	FORJADORES-ZAVALETA	Pte - Ote	1.4
		Ote - Pte	1.37
2	RECTA A CHOLULA-ZAVALETA	Sur - Norte	1.35
		Norte - Sur	1.78
3	REFORMA-27 SUR	Pte - Ote	1.33
		Ote - Pte	1.6
4	HNOS SERDAN- SAN FELIPE	Sur - Norte	1.37
		Norte - Sur	1.46
5	25 PONIENTE-13 SUR	Pte - Ote	1.71
6	17 SUR-JUAREZ	Sur - Norte	1.42
7	25 SUR- 35 PONIENTE	Norte - Sur	1.33
8	JUAN PABLO II-17 SUR	Pte - Ote	1.48
		Ote - Pte	1.64
9	9 SUR - 11 PONIENTE	Pte - Ote	1.89
10	8 PONIENTE -2 NORTE	Ote - Pte	1.61
11	14 ORIENTE-12 NORTE	Norte - Sur	1.42
		Sur - Norte	1.47
12	ZARAGOZA-27 SEPTIEMBRE	Pte - Ote	1.46
		Ote - Pte	1.36
13	DEFENSORES-3 NORTE	Sur - Norte	1.52
		Norte - Sur	1.39
14	5 DE MAYO Y 2 ORIENTE	Sur - Norte	1.41
		Norte - Sur	1.62
15	BLVD. NORTE -34 PONIENTE	Norte - Sur	1.65
		Sur - Norte	1.42
16	11 SUR-25 PONIENTE	Sur - Norte	1.52

Fuente: Elaboración propia

En relación con los resultados obtenidos se menciona lo siguiente:

- Se observa que el punto de la calle 9 sur y 11 poniente en sentido norte al sur tienen el mayor factor de ocupación vehicular 1.89; casi 2 usuarios por cada vehículo.
- El promedio del factor de ocupación de la ciudad para los automóviles es de 1.50 pasajeros por vehículo.

6.2.6 Estacionamientos

El estudio de estacionamientos se dividió en dos partes; la primera fue el levantamiento de cajones en la vía (inventario) y la segunda, la rotación, en zonas definidas del centro de la ciudad de Puebla. También se identificaron los estacionamientos fuera de vía pública. Se revisó el

número y ubicación de cajones legales, su ocupación y rotación durante un período continuo que comprendió ocho horas de las 10:00 a 18:00hrs y se registró la frecuencia de estacionamiento ilegal.

El polígono de evaluación en el centro histórico fue de por 150 manzanas, comprendidas en el polígono definido al norte por la calle de 18 Poniente – Oriente; al sur por la calle 13 Poniente – Oriente; al oriente por el Blvd. 5 de Mayo y al poniente por la Av. 11 Norte – Sur.

A continuación, se presenta el polígono en el cual fue realizado el inventario de estacionamiento..

Tabla 44 Relación de calles del polígono del levantamiento de estacionamiento

Calle	Tramo	Tramo	Longitud
Av. 18 Pte-Ote	Av. 11 Norte	Blvd. 5 de Mayo	1.55
Av. 16 Pte-Ote	Av. 11 Norte	Blvd. 5 de Mayo	1.56
Av. 14 Pte-Ote	Av. 11 Norte	Blvd. 5 de Mayo	1.63
Av. 12 Pte-Ote	Av. 11 Norte	Blvd. 5 de Mayo	1.6
Av. 10 Pte-Ote	Av. 11 Norte	Blvd. 5 de Mayo	1.6
Av. 8 Pte-Ote	Av. 11 Norte	Blvd. 5 de Mayo	1.55
Av. 6 Pte-Ote	Av. 11 Norte	Blvd. 5 de Mayo	1.55
Av. 4 Pte-Ote	Av. 11 Norte	Blvd. 5 de Mayo	1.58
Av. 2 Pte-Ote	Av. 11 Norte	Blvd. 5 de Mayo	1.6
Reforma	Blvd. Norte	Av. 11 Sur	1.8
Av. 3 Pte-Ote	Av. 11 Sur	Blvd. 5 de Mayo	1.3
Av. 5 Pte-Ote	Av. 11 Sur	Blvd. 5 de Mayo	1.5
Av. 7 Pte-Ote	Av. 11 Sur	Blvd. 5 de Mayo	1.45
Av. 9 Pte-Ote	Av. 11 Sur	Blvd. 5 de Mayo	1.45
Av. 11 Pte-Ote	Av. 11 Sur	Blvd. 5 de Mayo	1.46
Av. 13 Pte-Ote	Av. 11 Sur	Blvd. 5 de Mayo	1.44
C 7 Norte-Sur	Av. 18 Pte-Ote	Av. 13 Pte-Ote	1.5
C 5 Norte-Sur	Av. 18 Pte-Ote	Av. 13 Pte-Ote	1.45
C 3 Norte-Sur	Av. 18 Pte-Ote	Av. 13 Pte-Ote	1.45
16 Septiembre - 5 de Mayo	Av. 18 Pte-Ote	Av. 13 Pte-Ote	0.4
C 2 Sur	Av. 18 Pte-Ote	Av. 13 Pte-Ote	0.4
C 4 Norte-Sur	Av. 18 Pte-Ote	Av. 13 Pte-Ote	1.3
C 6 Norte	Av. 18 Pte-Ote	Av. 13 Pte-Ote	1.1

Fuente: Elaboración propia

Figura 53. Polígono de inventario de estacionamiento del centro histórico de la ciudad de Puebla



Fuente: Elaboración propia

6.2.6.1 Oferta en vía pública

La oferta de cajones de estacionamiento en la vía pública se agrupa en tres principales categorías: cajones permitidos, tolerados o públicos; cajones especiales; y cajones restringidos. A continuación, se mencionan las clasificaciones para cada una de las categorías:

- **Cajones permitidos:** Comprende los cajones en cordón (paralelo al sentido de circulación), cajones en batería (acomodados perpendicularmente o en diagonal a la banqueta) y los cajones con límite de tiempo (parquímetros). En la zona de estudio se cuenta con parquímetro, donde las primeras 3 horas son gratuitas y después de este horario el costo

por hora es de $10.0 hasta un máximo de 8 horas totales, el parquímetro se puede pagar en puntos de venta (bien definidos) y a través de la aplicación de KIGO.

- **Cajones especiales:** Comprende cajones asignados a hoteles y restaurantes, cajones para carga y descarga de materiales, cajones de paradas de transporte público, cajones para sitios de taxis, cajones para hospitales y clínicas, y cajones para oficinas gubernamentales.
- **Cajones con restricción:** Comprende los cajones donde se indique prohibido estacionarse y cajones de entrada y salida a propiedades privadas.

En la Tabla se muestra el resultado del levantamiento de estacionamiento en la vía pública.

Del resumen de levantamiento de estacionamientos se observa lo siguiente:

- El espacio detectado como estacionamiento en vía pública permitido o tolerado es de la siguiente manera:
  - ✓ 2,821 cajones en cordón
  - ✓ 61 cajones en batería
  - ✓ 293 cajones para estacionamiento de motocicletas
  - ✓ 200 cajones con restricción de tiempo
- El espacio detectado como estacionamiento en vía pública permitido para casos especiales:
  - ✓ 21 cajones para hoteles y restaurantes
  - ✓ 272 cajones para carga y descarga
  - ✓ 23 cajones para paradas del servicio de transporte público
  - ✓ 61 cajones para discapacitados
  - ✓ 1 cajón para oficinas públicas
- El estacionamiento restringido tiene 94 cajones de prohibido estacionarse, 127 en entradas a propiedad privada.

En la tabla a continuación se presenta un extracto del inventario de cajones de estacionamiento en el polígono del centro histórico de la ciudad de puebla.

Tabla 45 Inventario de estacionamiento en la vía pública

Ubicación				Cajones Públicos					Cajones Especiales						Con Restricción	
Código de Manzana	Código de Lado	Calle	Código (calle)	En cordón	En batería	Motocicletas	Rest. de Tiempo	Parquímetro	Hoteles y Restaurant	Carga y Descarga	Parada de T. P.	Discapacitados	Hospital clínicas	Oficinas Públicas	Prohibido Estacionar	Entrada a Prop. Priv.
1	S	16 PONIENTE		21		1	1			1						4
1	O	9 NORTE		0		1										1
1	N	18 PONIENTE		0	26	1										
13	P	11 NORTE													1	
24	P	11 NORTE													1	1
37	P	11 NORTE		13		3										
46	P	11 NORTE												1		
83	P	11 NORTE														1
93	P	11 SUR													1	
102	P	11 SUR													1	
123	P	11 SUR							6							
133	P	11 SUR													1	
141	P	11 SUR		0		2										
141	S	13 PONIENTE		22		3	1			1						1
142	S	13 PONIENTE		15		4	2			2						5
143	S	13 PONIENTE		15		2				1					1	5
144	S	13 PONIENTE		15			2			2					4	1
145	S	13 PONIENTE		18		1	2			2					6	3
146	S	13 PONIENTE		19		5	2			2					1	2
147	S	13 PONIENTE		23		3	2			2					2	0
150	S	13 PONIENTE		7		2	2			2						2
132	O	BLVD. 5 DE MAYO			11						1					
122	O	BLVD. 5 DE MAYO									1					
71	O	BLVD. 5 DE MAYO									1					
36	O	BLVD. 5 DE MAYO									1					
33	O	BLVD. 5 DE MAYO							8							
9	N	18 ORIENTE									1					
8	N	18 ORIENTE		17												
6	N	18 ORIENTE		28												
5	N	18 ORIENTE		29											2	
4	N	18 ORIENTE		15	16											
3	N	18 ORIENTE		30												
2	N	18 ORIENTE		25												2
13	O	9 NORTE		11												
24	O	9 NORTE		11												
54	O	9 NORTE		18												
103	O	9 SUR		12												2
113	O	9 SUR		14												
125	O	9 SUR														1
133	O	9 SUR		11												
135	P	7 SUR		9		3	2			2						1
127	P	7 SUR		13		3	2			2						2
116	P	7 SUR		10			2			2						1
106	P	7 SUR		8			3		1	3						2
95	P	7 SUR		13			2			2					1	
84	P	7 NORTE		7		2	2			2					4	
74	P	7 NORTE		13			2			2						2

Fuente: Elaboración propia

6.2.6.2 Demanda de estacionamiento en vía pública

La demanda se analiza mediante el estudio de placas que indica la rotación que tiene un cajón de estacionamiento a lo largo del periodo de análisis. Para realizar dicho estudio se realizaron muestreos en zonas representativas de las vialidades seleccionadas para obtener un indicador del comportamiento.

Tabla 46 Resumen de resultados para el estudio de rotación de estacionamientos

Indicadores	Valor
Vehículos totales (Ntt)	6,652Veh

Indicadores	Valor
Vehículos – Horas totales (Nth)	11,731hrs
Duración media (Dm)	1.76 horas
Capacidad de estacionamiento (Qe)	2,821 cajones
Índice de rotación total (Ir)	2.5
Índice de rotación horaria (Ih)	1.38

Fuente: Elaboración propia

Para entender mejor la tabla anterior:

Vehículos totales (Ntt): representa el total de vehículos diferentes que se estacionaron en cada cuadra o tramo inspeccionado en el periodo de estudio.

Vehículos–horas totales (Nth): corresponde a la sumatoria de los tiempos que cada vehículo permanece estacionado. Se calcula con la siguiente expresión (t_i = tiempo de duración en horas):

$$Nth = Ntt \times t_i$$

Duración media de estacionamiento (Dm): se calcula dividiendo el total de vehículos – hora, entre el total de vehículos diferentes observados.

Las 3 definiciones anteriores correspondientes a los 3 primeros indicadores de la demanda corresponden a la cuantificación de la duración promedio.

Índice de rotación total de los sitios de estacionamiento (Ir): Se calcula dividiendo el número total de vehículos diferentes observados durante todo el período, sobre el total de puestos disponibles.

$$Ir = \frac{Ntt}{Qe}$$

Capacidad del estacionamiento (Qe): se refiere al número de cajones encontrados en el levantamiento de estacionamiento para las cuadras o tramos estudiados para la demanda.

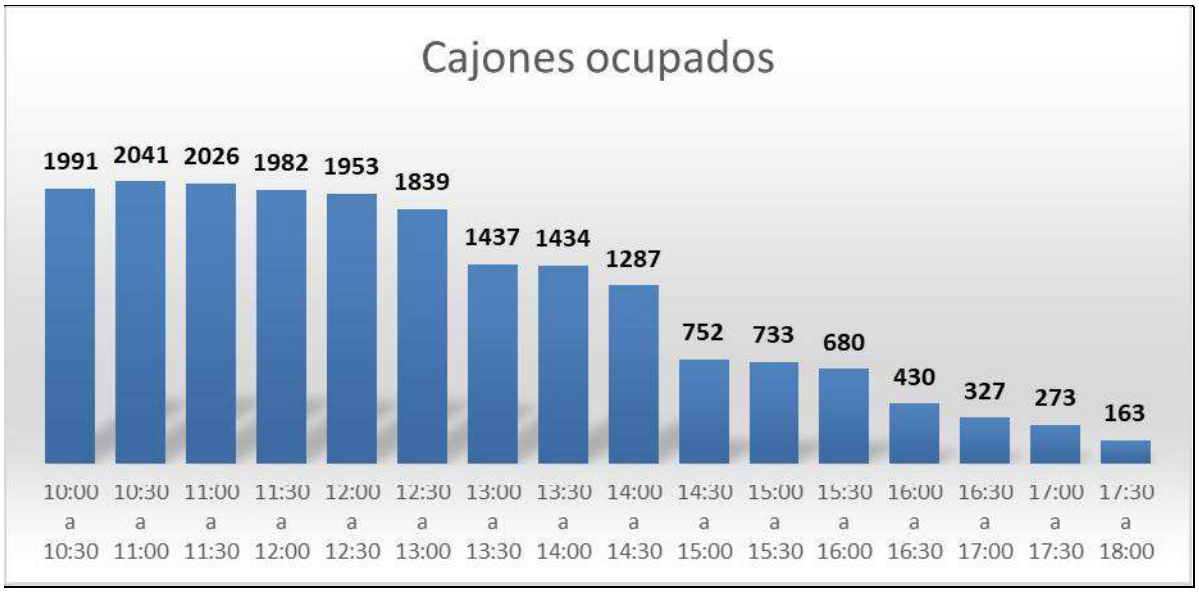
Índice de rotación horaria (Ih): (Vehículos por cajón por hora): se calcula dividiendo el índice de rotación total entre el número de horas del período.

$$Ih = \frac{Ir}{T}$$

Los indicadores del índice de rotación total y de rotación horaria corresponden a la cuantificación de la ocupación.

Se identificaron 2,821 cajones en el área de estudio. En la figura a continuación se presenta la ocupación de cajones horaria en el periodo de estudio de 10:00 a 18:00hrs. Se aprecia que en el horario de las 10:00 a 13:00hrs es cuando se mantiene en mayor volumen de cajones ocupados, posterior a este horario se puede conseguir con mayor frecuencia un espacio para estacionarse.

Figura 54. Ocupación de cajones en el horario de estudio



Fuente: Elaboración propia

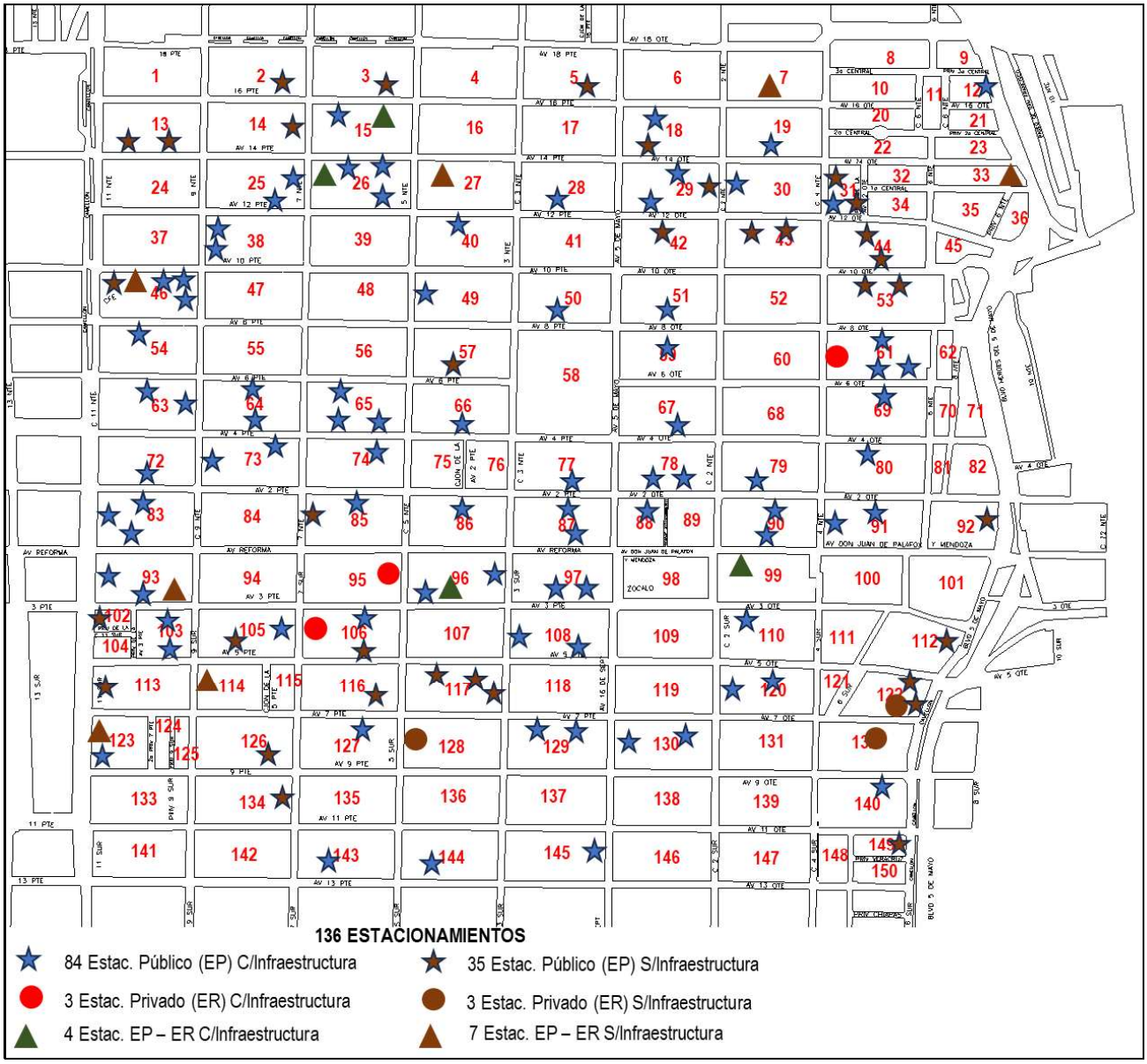
6.2.6.3 Oferta de estacionamiento fuera de la vía pública (lotes)

Como complemento a los estudios de levantamiento y rotación en la vía pública, se hizo un levantamiento de lotes de estacionamiento público fuera de la vía. En la figura se muestra de manera ilustrativa dicho levantamiento, el cual se realizó en las mismas vialidades y el mismo polígono de la zona centro de la ciudad de Puebla.

Cabe mencionar que en la imagen se presenta la caracterización del tipo de estacionamiento identificados en la zona de estudio. En estos estacionamientos es posible dejar el vehículo, ya sea por una cuota o tiempo libre, esto es, estacionamientos con carácter privado o público. En total se cuenta con 136 estacionamientos, los cuales se distribuyen de la siguiente manera:

- 84 estacionamientos Público (EP) C/Infraestructura
- 35 estacionamientos Público (EP) S/Infraestructura
- 3 estacionamientos Privado (ER) C/Infraestructura
- 3 estacionamientos Privado (ER) S/Infraestructura
- 4 estacionamientos EP – ER C/Infraestructura
- 7 estacionamientos EP – ER S/Infraestructura

Figura 55. Oferta de estacionamientos fuera de la vía pública (oferta)



Fuente: Elaboración propia

7 TRANSPORTE PÚBLICO

Se realizó un extenso y minucioso plan de trabajos de campo para el componente de transporte público. A continuación, se describen los estudios y se presentan los resultados principales.. La información presentada en este capítulo está concentrada en el comportamiento de la hora pico de la mañana del Sistema de transporte público (hora crítica), a menos que se establezca lo contrario.

7.1 OFERTA DE TRANSPORTE PÚBLICO

7.1.1 Estudios realizados para caracterizar la oferta

El Consultor realizó actividades de campo y recopilación documental, con el fin de recolectar la información de las características de las rutas que prestan el servicio de transporte público:

7.1.1.1 Inventario de derroteros

El Consultor realizó un estudio de inventario de rutas para conocer qué servicios se prestan en la zona de estudio. A partir de levantamientos realizados en campo se determinó la ubicación de las bases (cierres de circuito) de las rutas. Para la identificación de los derroteros de las rutas se realizaron recorridos en cada una de ellas, durante el día, identificando las calles y sentidos de circulación de éstas; esta actividad se realizó a través de equipos GPS con la aplicación de GEOTRACKER ().

Esta actividad permitió:

- Identificar las bases y derroteros de las rutas.
- Identificar los puntos de parada o puntos de control predefinidos para el sistema.

La información fue cargada en la base de datos del Sistema de Información Geográfica –SIG. Para este proceso fue necesario realizar ajustes y actualizaciones a la red vial básica, de tal forma que se integró una base de datos que contiene la siguiente información:

- Nombre de la ruta (origen y destino).
- Longitud.
- Ubicación de terminales y/o cierres de circuito.
- Derrotero (recorrido).
- Tipo de unidad

7.1.1.2 Despachos en terminales

Este estudio se realizó en los derroteros del inventario, durante un período de al menos 8 horas (periodo de las 6:00 a 14:00hrs). A través de personal en cada una de las terminales o bases, se identificó la siguiente información:

- Hora de salida o despacho de las unidades.
- Número económico o placa.
- Ruta.
- Tipo de Vehículo.
- Tarifas.

7.1.2 Rutas de transporte público

Los estudios de campo permitieron definir que, en la Zona Metropolitana de Puebla, operan 163 rutas o ramales actualmente. Se hizo el levantamiento de cada una de ellas para conocer con exactitud las vías por las que circulan y las bases en las que empieza y termina el recorrido. La Tabla muestra la relación de derroteros estudiados.

Tabla 47 Relación de rutas de transporte público de la ZMPU

Código	Nombre de ruta	Origen y Destinos	Longitud Ciclo Completo (km)
1	R-5	Suburbia	16.64
2	R-5	Lomas de San Miguel	39.14
3	R-6	Paseo Noria	31.06
4	R-6	Centro	20.9
5	R-8	Ramal 3 Fraccionamiento Santa Rosa	28.88
6	R-8	San José Chamullo	39.05
7	R-27	CAPU	17.66
8	R-27	Centro	24.91
9	R-28	Centro	26.43
10	30-A	Misiones	45.97
11	R-54	Centro	35.92
12	R-55	Bugambilias - Aquiles Serdán	59.15
13	R-72	14 Sur (Maravillas)	38.6
14	R-72	Xilotzingo	40.58
15	R-72 A	Misiones	56.37
16	R-Azumiatla	Azumiatla-Centro	58.01
17	R-Loma Bella	Loma Bella	40.48
18	R-4	Constitución Mexicana	28.86
19	R-4	Agua Santa	32.55
20	3 Estrellas	Mercado Hidalgo	36.07
21	R-21	Malintzi	46.97
22	R-61 A	Aquiles Serdán	45.79
23	R-63	Lomas del Sol	51.43

Código	Nombre de ruta	Origen y Destinos	Longitud Ciclo Completo (km)
24	R-76	FINSA-Libertad	45.44
25	R-Apango	Relámpago-Amozoc	55.89
26	CREE Madero	CREE MADERO	36.57
27	Línea Periférico	Ramal Plaza San Diego-CU	55.22
28	R-11	Ramal FOVI-Suburbia	31.84
29	R-11	Ramal Loma Bonita-San Alejandro	30.29
30	R-11	Ramal Vista del Valle	30.29
31	R-12 A	Ramal Solidaridad-Soriana	26.84
32	R-18	Ramal Casa Blanca-Paseo Bravo	29.97
33	R-18	Ramal Flor del Bosque-Paseo Bravo	28.42
34	R-19	Ramal Unidad Tecnológica - 4 Norte	25.48
35	R-23	Ramal Gonzalo - Centro	17.82
36	R-23	Ramal Salvador - Centro	20.05
37	R-24	Ramal Manantiales-Xonaca	33.56
38	R-27 A	Ramal Solidaridad-Paseo Bravo	19.29
39	R-35	Ramal Villa	23.61
40	R-35	RE-Trazo Ramal Cristo Rey	19.7
41	R-San Andrés	Ramal Zapata- Angelópolis	28.64
42	R-San Andrés	Ramal Zapata-Camino Real	27.73
43	R-San Andrés	Ramal Zapata-Ciudad Judicial	25.5
44	R-Santa Lucia	Ramal Santa Lucia	34.71
45	R-Tlaltepango	Ramal Josefina-Centro	19.73
47	R-Tlaltepango	Ramal Centro-Canal	19.73
48	R-Tlaxcalancingo	Ramal-Tlaxcalancingo	40.05
49	R-1	Amalucan	22.2
50	R-2A	2 de marzo	34.01
51	R-3A	Zaragoza	24.67
52	R-3	Zavaleta	33.04
53	R-3	Angelópolis	30.73
54	R-14A	La Loma- Tlaxcalancingo	58.05
55	R-14A	La Loma-Cacalotepec	51.41
56	R37	Lagunillas	20.59
57	R-38	San José de los Cerritos	31.47
58	R-38A	San Aparicio	31.63
59	R-58	Tlilostoc	27.62
60	R-Azteca	San Esteban	62.64
61	R- Azteca	Encinar	55.53
62	R- Azteca	Miguel Hidalgo	45.71
63	R-M8	Infonavit Santiago	31.31
64	R-Tecali o Valsequillo	Ruta T	23.53
65	R-M2		38.06
66	R-M1	Ramal Concepción	38.41
67	R-M1	Ramal Oasis	25.38
68	R-M1	Ramal San José	37.45

Código	Nombre de ruta	Origen y Destinos	Longitud Ciclo Completo (km)
69	R-M1	Ramal Tetepa-Principal	39.17
70	R-45A	Atlixcáyotl	30.44
71	R-45A	CU	18.03
72	R-NGA	San Sebastián	33.85
73	R-NGA	Niño Poblano	32.47
74	R-NGA	Geo villas	34.85
75	R-NGA	CAPU	42.09
76	R-33	Angelópolis	29.98
77	R-33	Paseo Bravo	24.72
78	R-33	San José	32.17
79	R-10B	Ramal San Jerónimo- Héroes	49.51
80	R-10B	Ramal San Jerónimo- Santa Clara	46.49
81	R-29	Ramal CU	27.85
82	R-44	Ramal Penitenciaria	37.93
83	R-52	Bosques San Sebastián	34.8
84	R-54A	Ramal La Vista	56.22
85	R-61A	Ramal Barranca La Noria	40.46
86	R-65	FINSA	42.18
87	R-65	Ocotlán	35.89
88	R-68	Ramal Amalucan (Naranja)	31.1
89	R-68	Ramal Bosques (Bosques)	34.08
90	R-68	Ramal Jardines (Verde)	29.14
91	R-68	Ramal Xonacatepec (Amarilla)	30.96
92	R- Directo a Cholula	Ramal Atzompa	44.97
93	R- Directo a Cholula	Ramal Chipilo	56.57
94	R- Directo a Cholula	Ramal Cholula	30.85
95	R-M17	Ramal Centro Carretera Plaza	30.03
96	R-M17	Ramal Centro Galaxia Bosques	29.12
97	R-M17	Ramal Centro Tiloxtoc	29.54
98	R- Malacatepec	Ramal Malacatepec	43.72
99	R-S3	Ramal Tepela Centro	46.51
100	R-S11	Ramal Nihuacn	47.53
101	R-UTP	Ramal Central de Abastos	9.6
102	R-Enlace 2010	Santa Catarina	44.06
103	R-Enlace 2010	San Francisco Totimehuacán	28.15
104	R-Remanente 1	Verdes	41.09
105	R-Remanente 1	Rojos	57.77
106	R-44	Guadalupana	60.07
107	R-S12	Ramal Cuanala	53.92
108	R-S12	Ramal León	46.91
109	R-S16	Camino Real San Cosme	38.09
110	R-S16	Ramal Coronango	35.57
111	R-S16	Ramal Santa Barbara	37.6
112	R-M21	Estadio Cuauhtémoc	26.12

Código	Nombre de ruta	Origen y Destinos	Longitud Ciclo Completo (km)
113	R-M21	Ramal San Sebastián Aparicio	21.66
114	R-M21	Ramal Tlaltepango	21.98
115	R-M21	Ramal Xaxahuen	25.43
116	R-12	Ramal Barranca Honda	29.18
117	R-50	Ramal CU	31.64
118	R-46	Ramal San Baltazar	33.39
119	R-70	Ramal Alseseca	29.56
120	R-70	Ramal Dorada	5.38
121	R-M22	Ramal Galaxia	35.68
122	R.M28	Ramal Caminos	36.58
123	R.M28	Ramal Torres Bodet	38.81
124	R-S19	Ramal FINSA	43.13
125	R-S19	Ramal Misiones	40.05
126	R-S25	Ramal Aeropuerto	64.91
127	R-S25	Ramal Guadalupe	47.03
128	R-S25	Ramal Jose Ángeles	43.41
129	R-S25	Ramal San Lucas	47.44
130	R-S25	Ramal Tlaltenango	70.2
131	R-S25	Ramal Zacatepec	48.52
132	R- Fabricas Xonaca	Ramal Barranca Honda	23.66
133	R-Coordinados de San Jerónimo	Ramal Santa Cruz	37.58
134	R-86	Ramal Las Vegas-Amozoc Centro	42.45
135	R-S14A	San Gregorio Atzonpa	46.28
136	R-S14A	Ramal Tepontlá	37.47
137	R-23	Ramal Coapa	48.33
138	R-67	Ramal Chachapa	33.78
139	R-M7	Carretas	28.74
140	R-M7	Arcos	25.89
141	R-M6B	Ramal 4 Caminos	32.54
142	R-M6A	Ruta M6a	29.75
143	R-26	El Carmen	45.15
144	R-26A (Rojos)	Sanctorum	26.55
145	R-26A (Rojos)	Villa Olímpica	45.84
146	R-64A	Capulín	24.84
147	R-64A	San Juan	23.68
148	R-23A	Clavijero	23.02
149	R-23A	Histiadores	19.12
150	R-23A	Encinar	21.5
151	R-JBS	Ramal Clavijero	53.91
152	R-JBS	Ramal Paraíso- La Libertad	48.89
153	R-JBS	Ramal Pueblo Nuevo- Santa Mago	55.12
154	R-Pirámides	San Antonio Cholula	30.27
155	R-41	20 Pte	48.56
156	R-41	13pte	46.92

Código	Nombre de ruta	Origen y Destinos	Longitud Ciclo Completo (km)
157	R-64B	Ramal Loma Bonita	23.43
158	R-64B	Ramal Loma Linda	22.99
159	R64C	Ramal Barranca Honda	26.26
160	R-25 NVE (Ruta Antorcha Campesina)	Santa Lucia	20.59
161	R-25 NVE (Ruta Antorcha Campesina)	CIS	30.3
162	R-25 NVE (Ruta Antorcha Campesina)	Minerales	36.51
163	R-25 NVE (Ruta Antorcha Campesina)	San Felipe	49.42
164	R-25 NVE (Ruta Antorcha Campesina)	Mercado Independencia	17.78

Fuente: Elaboración propia

Varios comentarios acerca de esta relación deben hacerse y deben tomarse como ciertos para el resto del estudio:

1. La numeración o codificación aquí empleada fue asignada por El Consultor para el control de derroteros. Esta es la codificación que se utilizará durante todo el proyecto, por lo que cualquier mención al número de una ruta específica corresponderá a este inventario.
2. Si bien las rutas definitivas son 163, los códigos de ruta llegan hasta el número 164. Esto sucede porque en el proceso de levantamiento algunos derroteros fueron inventariados, pero más tarde fueron declarados como inexistentes, piratas o ya habían sido codificados. Esto es perfectamente normal en esta clase de estudios dado que la dinámica de la oferta y la demanda de transporte público es cambiante y se necesitan varias visitas en campo para asegurarse que la información es la correcta. El código que eliminados del inventario es: 46.
3. La mayoría de rutas tienen dos sentidos: ida y regreso. La ida hace referencia al trayecto que transporta la mayor demanda en la hora pico de la mañana. Usualmente es el sentido desde la periferia de la ciudad hacia el centro de la misma, o desde zonas dormitorio a centros atractores de demanda (sitios de empleo, industrias, oficinas, colegios, hospitales, etc.). Por su parte, el sentido de regreso es el trayecto contrario. Adicionalmente, ciertas rutas son del tipo conocido como circular. Estos son derroteros que no tienen un sentido definido, sino que su trayecto termina en el mismo sitio donde comenzó. Estas rutas no tienen un cambio de dirección a lo largo de su recorrido.

. La Tabla a continuación muestra un extracto de un derrotero ejemplo (ruta 5 Ramal Suburbia).

Tabla 48 Derrotero de una ruta de transporte público

ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MOVILIDAD URBANA DE LA ZONA METROPOLITANA DEL ESTADO DE PUEBLA (PMUPU)

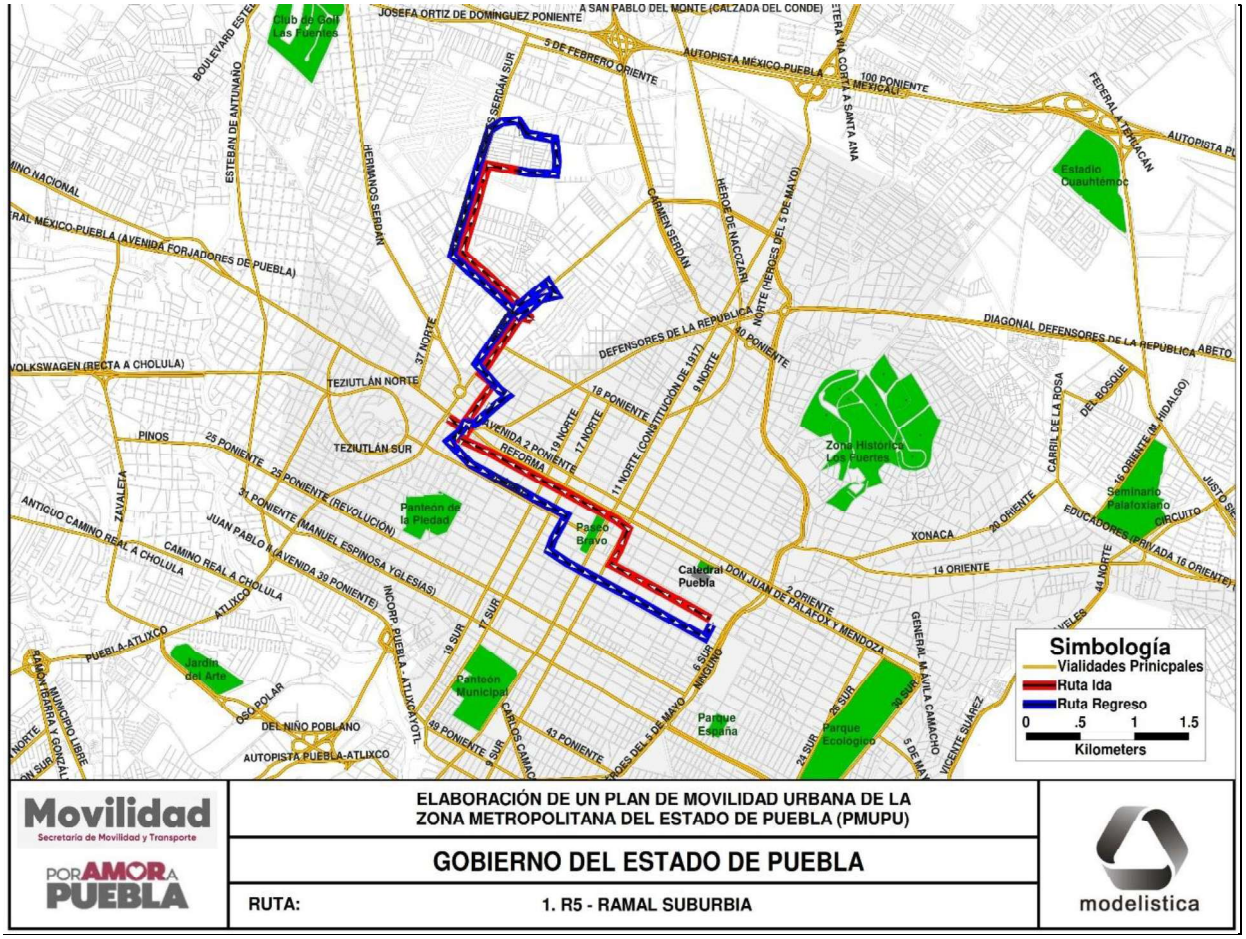
VERIFICACIÓN DE RECORRIDOS DE RUTAS

Ruta: RAMAL SUBURBIA Agrupación: R5

Calle por donde circula	Calle de Cruce	Mov.
11 Poniente	4 Sur	I
11 Poniente	3 Sur	F
11 Poniente	9 Sur	VD
9 Norte	3 Poniente	VI
3 Poniente	17 Norte	F
3 Poniente	23 Sur	F
3 Poniente	29 Sur	VD
29 Sur	Reforma Sur	VI
Reforma Sur	Norte	VD
Norte	Reforma	VD
Reforma	29 Norte	VI
29 Noerte	10 Poniente	VI
10 Poniente	Norte	VD
Norte	18 Poniente-14 Poniente	F
Norte	15 de Mayo	VD
15 de Mayo	Retorno 15 de Mayo	VU
15 de Mayo	35 Norte	F
15 de Mayo	San Felipe	VD
San Felipe	Del Ángel	F
San Felipe	Chopo	VD
Chopo	Ciprés	T

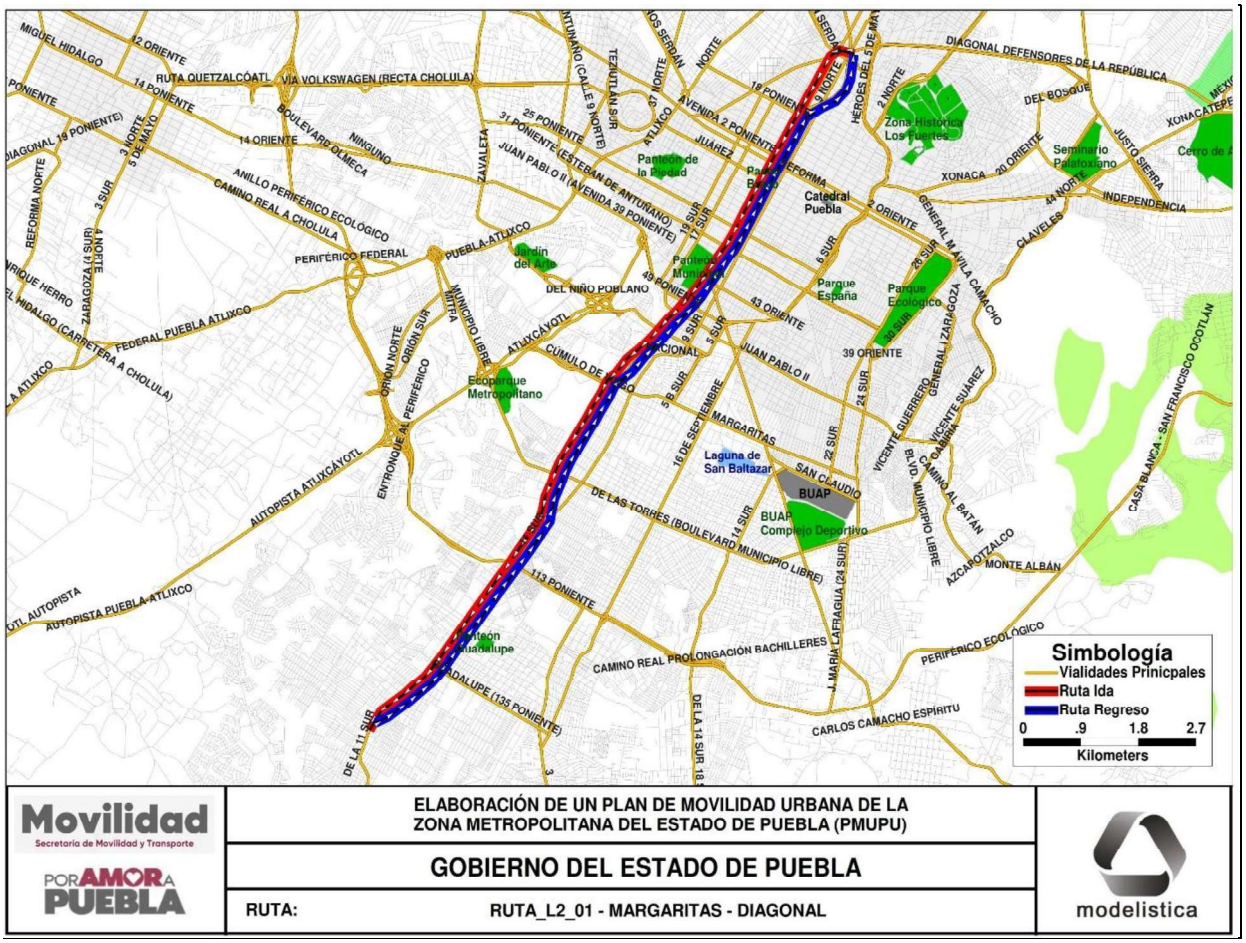
Fuente: Elaboración propia

Figura 56. Croquis de una ruta de transporte público (servicio convencional)



Fuente: Elaboración propia

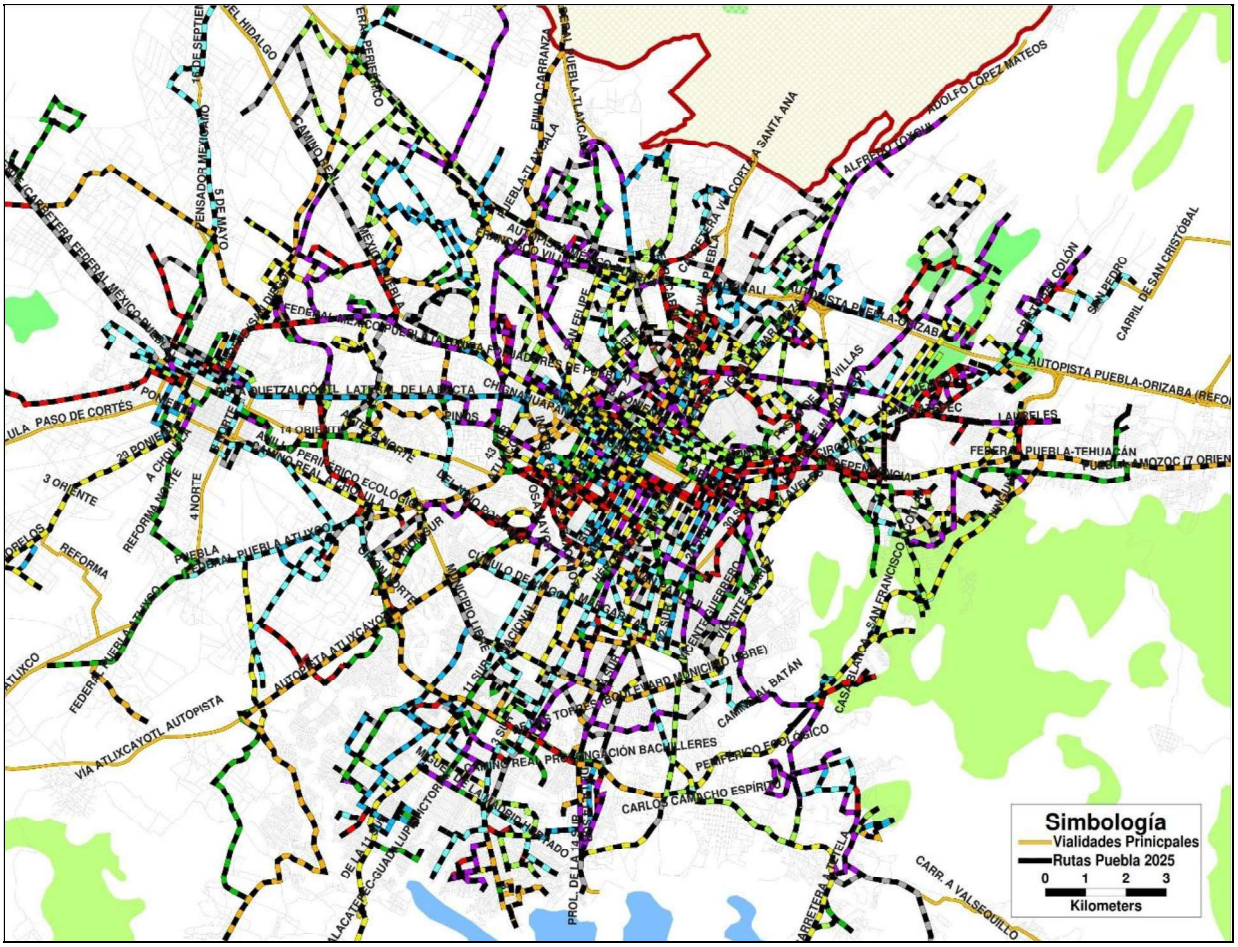
Figura 57. Croquis de la troncal de la línea 2 del sistema RUTA (Terminal Margarita a Defensores)



Fuente: Elaboración propia

La figura que sigue muestra todas las rutas de transporte público en un solo plano, lo que resulta en la red vial de transporte público. Cabe mencionar que las rutas presentadas en la imagen incluyen las líneas del sistema RUTA (troncales, alimentadoras e integradoras de la Línea 4).

Figura 58.Red vial de transporte público de la ZMPU

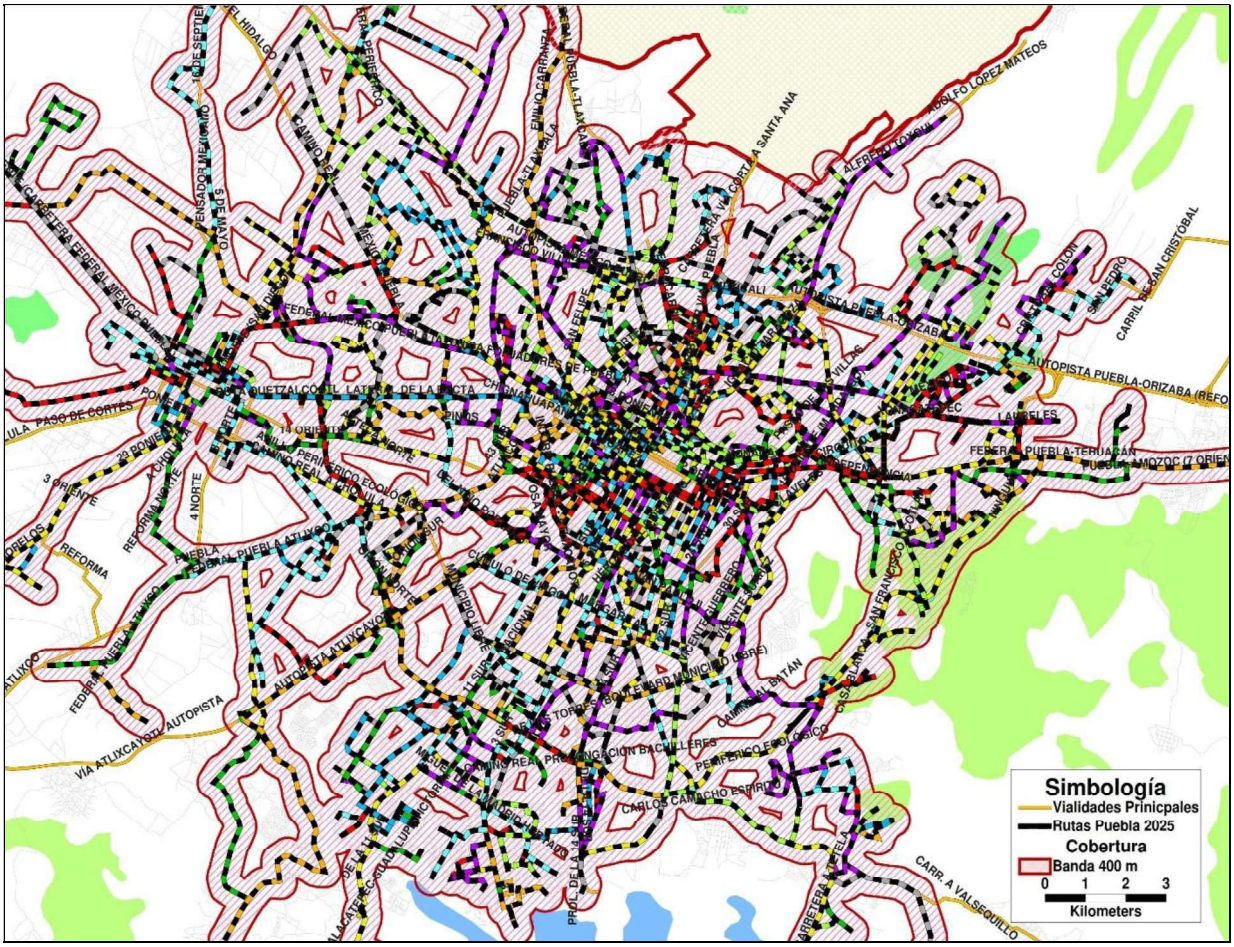


Fuente: Elaboración propia

Es notable que en prácticamente toda la ciudad hay presencia de transporte público, lo cual puede interpretarse como una alta cobertura del servicio. Esta observación se hace más obvia observando la Figura de cobertura espacial. Allí se representa la misma red vial de transporte público, pero con una franja 400 de metros a ambos lados de las vialidades, con la finalidad de identificar la cobertura del servicio. Para fines de análisis de la accesibilidad física, se considera "aceptable" una distancia de caminata promedio 500 metros en terreno plano y condiciones climáticas medias (entre 10°C y 30°C, sin lluvia). Esto se traduce en 6 minutos, asumiendo una velocidad de caminata de 5 km/h, hasta la estación o parada más próxima. Sin embargo, dadas las condiciones ambientales de Puebla, se considerará una distancia de 400 metros como aceptable.

Este plano permitió identificar las áreas que no son atendidas, de acuerdo con parámetros de distancias de caminata comúnmente utilizados (accesibilidad al sistema) y la superposición y concentración de rutas en corredores y áreas específicas de la ciudad.

Figura 59. Plano de cobertura de la red de transporte público de la ZMPU

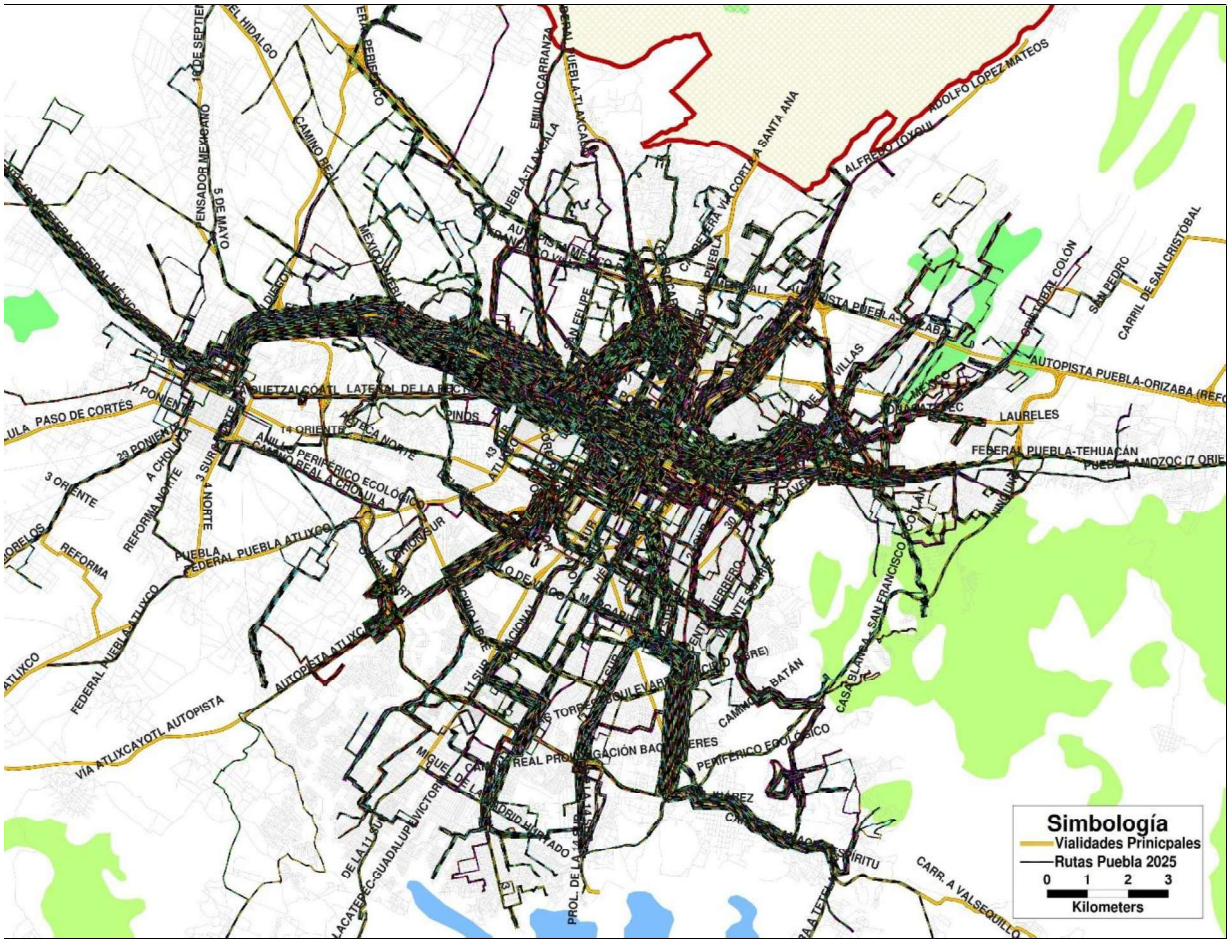


Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la figura, es posible identificar pequeñas zonas con deficiente cobertura. Sin embargo, se puede considerar, que la cobertura física promedio de la zona de influencia del proyecto es buena, dado que, con la distancia de 400 m a cada lado de la red de transporte público, el 95% del área urbana está cubierta por estos servicios, por lo que la mayoría de los usuarios no gasta más de 5 minutos en el traslado desde el lugar de inicio del viaje hasta la parada más próxima. Con 400 metros adicionales de caminata, se estaría cubriendo prácticamente el 100% del área habitada de la ZMPU.

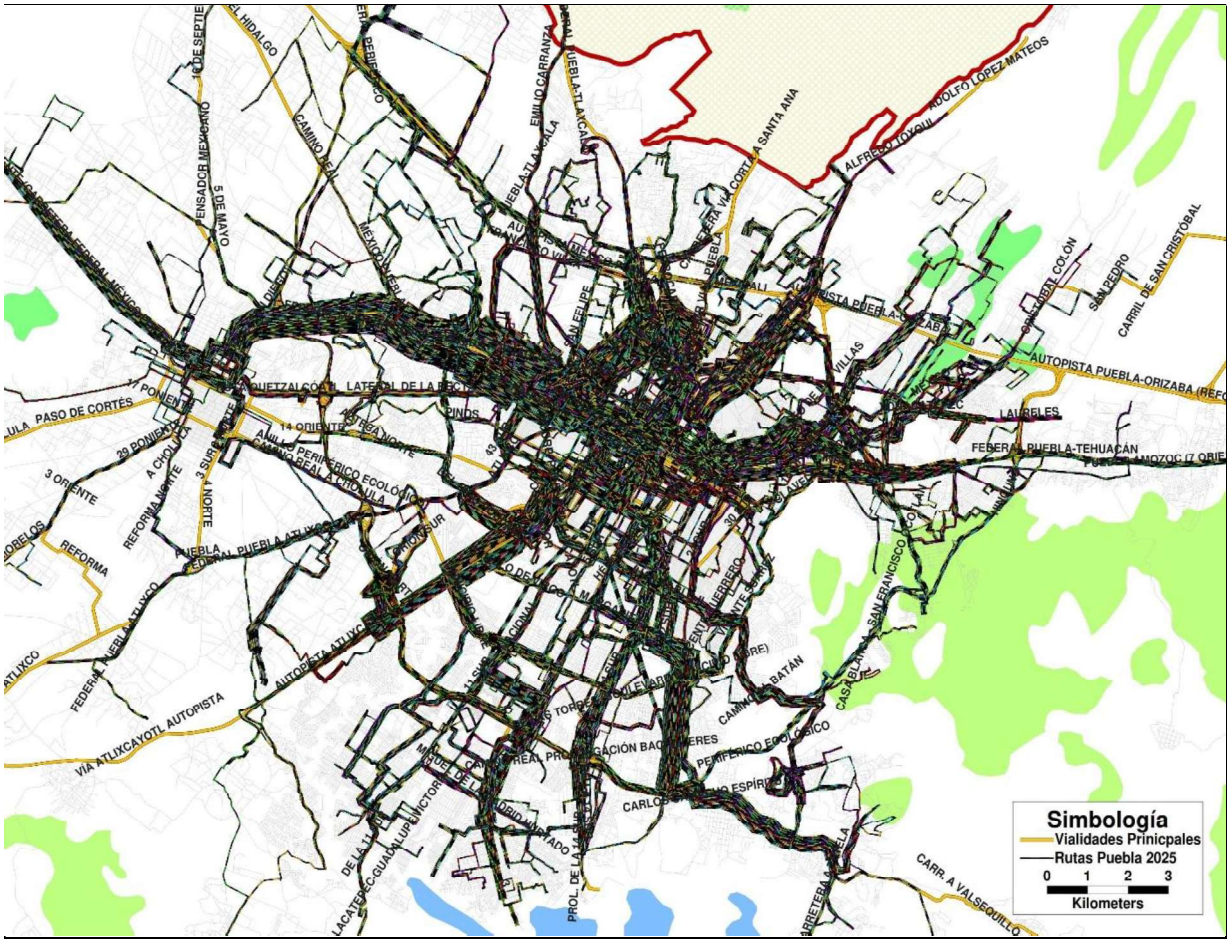
Existe una alta superposición de rutas, situación muy evidente sobre los principales corredores viales. La Figura siguiente muestra el grado de superposición de rutas de transporte público del servicio convencional.

Figura 60. Trazado general de las rutas del transporte público para la ZMPU. Sólo rutas convencionales



Fuente: Elaboración propia

Figura 61. Trazado general de las rutas del transporte público para la ZMPU. Se incluyen las líneas del sistema RUTA



Fuente: Elaboración propia

En resumen, se tiene el inventario de 163 rutas convencionales y 43 líneas del sistema RUTA de las cuales se clasifican en 8 líneas troncales, 30 líneas alimentadoras y 5 rutas integradoras de la línea 4 del sistema RUTA.

7.1.3 Velocidad de operación

La velocidad promedio de operación en ciclo completo de las rutas estudiadas es de 23.4 kilómetros por hora. La velocidad es un poco más baja en el sentido 1 (sentido más cargado) que en el sentido 2 (sentido menos cargado), con valores de 22.8 y 23.85 km/h respectivamente. Esto ocurre por cuanto en el sentido más cargado hay mayor tráfico y por ende mayor congestión. Estas velocidades de operación son aceptables si se toman en cuenta las condiciones de congestión de la red vial en general. Adicionalmente, el buen promedio en la velocidad de operación se debe a que existe gran cantidad de vehículos tipo combi o Van que son unidades de baja capacidad y consiguen llenarse más rápidamente, hacer pocas paradas y por lo tanto mantener una mejor velocidad. También incide el hecho que por su menor tamaño pueden maniobrar más fácilmente entre el tráfico y avanzar más rápido. Este tipo de servicio

generalmente transita por vías locales que requieren velocidades bajas y en muchas ocasiones el estado de los pavimentos es deficiente. La topografía de algunas de estas zonas es agreste por lo que no se pueden alcanzar altas velocidades.

La velocidad de una ruta se calcula en función de la longitud de esta y el tiempo que emplea para recorrer dicha distancia. El tiempo que una ruta emplea para completar un sentido es llamado tiempo de trayecto y el tiempo que la ruta demora en dar la vuelta completa, es conocido como tiempo de ciclo. Los tiempos de trayecto y de ciclo están compuestos a su vez por otros dos tiempos: tiempo de recorrido y tiempo de parada. El primero hace referencia a los momentos en que el vehículo está en movimiento. El segundo se refiere a los tiempos muertos o momentos en los que la unidad está detenida, ya sea por semáforos, ascenso/descenso de pasajeros o atascos de tráfico.

Los tiempos de ciclo de las rutas van desde 21.2 hasta 280 minutos (4.5 horas), con un promedio de 93 minutos para todas las rutas (poco más de 1.5horas). El tiempo de parada, respecto al tiempo total de viaje representa el 14% del tiempo total de viaje, es decir, unos 13 minutos por ruta, en promedio.

La Tabla muestra los datos de las frecuencias de las rutas, tiempos de ciclo, tiempos de parada y velocidades por ruta y por sentido.

Tabla 49 Tiempos de ciclo y velocidades para cada una de las rutas

Ruta	Sentido 1		Sentido 2		Global		Frecuencia HDM (veh/h)
	Tiempo de trayecto (min)	Velocidad comercial (km/h)	Tiempo de trayecto (min)	Velocidad comercial (km/h)	Tiempo de ciclo (min)	Velocidad comercial (km/h)	
1	21.2	21.9	14.8	29.3	39.9	25.59	5
2	40.3	25.1	52.5	20.8	103.3	22.93	5
3	38.9	21.8	31.3	27.4	76.8	24.59	6
4	17.5	30.2	22.0	25.6	45.2	27.90	6
5	23.8	32.0	29.3	26.3	60.0	29.15	4
6	35.4	27.1	41.1	24.8	90.5	25.94	4
7	20.3	24.5	15.8	29.1	39.8	26.82	3
8	24.8	28.3	28.2	21.5	61.2	24.89	3
9	22.9	31.1	26.6	25.6	56.4	28.37	18
10	59.4	21.8	60.3	21.5	127.4	21.65	12
11	33.2	27.0	36.8	27.8	78.7	27.39	3
12	64.4	25.1	61.9	26.9	136.6	26.01	12
13	30.8	31.2	36.3	30.0	75.8	30.58	5
14	31.6	32.7	35.3	30.4	77.3	31.56	5
15	115.8	13.3	126.3	11.9	269.2	12.60	10
16	50.5	32.7	51.6	30.0	111.2	31.36	8
17	40.3	28.0	41.6	27.8	87.1	27.89	8
18	18.4	39.0	27.0	29.1	51.9	34.06	9

Ruta	Sentido 1		Sentido 2		Global		Frecuencia HDM (veh/h)
	Tiempo de trayecto (min)	Velocidad comercial (km/h)	Tiempo de trayecto (min)	Velocidad comercial (km/h)	Tiempo de ciclo (min)	Velocidad comercial (km/h)	
19	34.6	25.9	33.7	26.3	74.7	26.14	8
20	30.1	32.0	41.1	24.2	78.4	28.12	1
21	43.2	27.1	58.1	22.8	113.8	24.95	9
22	46.6	27.1	40.8	27.3	101.0	27.20	10
23	47.9	26.4	48.1	26.3	117.0	26.36	6
24	43.7	25.6	50.1	24.8	108.3	25.17	17
25	68.6	23.2	49.1	27.3	133.6	25.26	7
26	36.3	27.5	41.1	24.0	85.5	25.77	8
27	60.4	23.8	64.9	22.2	144.1	23.03	8
28	29.9	28.5	29.0	26.6	69.4	27.56	11
29	32.4	25.8	28.8	26.8	69.1	26.29	11
30	30.7	23.7	31.7	24.6	75.2	24.18	10
31	33.0	23.2	25.4	26.6	64.9	24.93	15
32	32.7	22.6	33.3	23.8	77.7	23.17	12
33	30.3	23.3	29.6	23.3	73.1	23.32	12
34	30.4	22.9	36.3	19.0	73.7	20.92	20
35	18.2	26.4	17.3	25.6	41.1	26.01	8
36	40.6	13.3	20.2	24.1	70.0	18.73	8
37	35.7	24.5	43.5	20.4	90.5	22.44	20
38	22.3	21.0	21.1	24.6	51.1	22.81	14
39	24.5	25.2	24.3	25.1	56.3	25.14	7
40	30.8	15.6	25.0	20.6	66.7	18.08	6
41	74.2	9.7	35.8	21.6	128.1	15.67	2
42	31.0	23.6	32.7	20.4	76.0	22.01	2
43	34.4	19.6	29.2	22.3	73.5	20.92	2
44	39.9	23.8	44.7	21.7	91.9	22.72	14
45	23.9	21.3	19.5	25.5	51.0	23.38	12
47	21.7	24.6	25.4	22.1	50.8	23.36	10
48	40.6	24.0	45.2	23.9	100.3	23.96	4
49	24.8	22.6	25.2	25.2	56.0	23.86	12
50	34.7	23.5	37.4	22.9	87.9	23.21	13
51	51.0	12.6	60.9	10.5	129.3	11.55	15
52	36.4	22.9	74.2	11.4	130.6	17.12	14
53	62.0	12.5	42.4	19.8	120.4	16.14	14
54	61.4	24.7	67.4	22.5	148.1	23.58	9
55	53.0	25.6	49.5	24.9	122.2	25.26	9
56	19.9	28.2	21.4	26.8	45.0	27.49	5
57	32.2	23.7	32.6	26.4	75.6	25.05	12
58	31.2	25.5	29.8	25.5	74.4	25.49	12
59	32.8	21.5	62.4	11.2	112.8	16.32	14

Ruta	Sentido 1		Sentido 2		Global		Frecuencia HDM (veh/h)
	Tiempo de trayecto (min)	Velocidad comercial (km/h)	Tiempo de trayecto (min)	Velocidad comercial (km/h)	Tiempo de ciclo (min)	Velocidad comercial (km/h)	
60	62.1	24.2	56.5	30.3	139.7	27.25	8
61	56.6	26.2	55.1	24.2	132.5	25.18	8
62	47.8	24.1	45.8	25.2	111.4	24.63	8
63	31.3	26.7	39.3	21.5	78.8	24.13	22
64	59.8	10.3	26.5	22.9	99.5	16.60	10
65	33.5	29.0	83.6	11.1	142.7	20.00	8
66	38.1	28.2	38.4	24.0	88.9	26.10	4
67	25.2	26.3	37.7	19.2	68.7	22.72	4
68	36.1	26.5	39.3	26.9	84.3	26.67	4
69	44.4	22.0	45.4	22.5	105.7	22.24	4
70	35.1	21.9	30.8	24.9	78.4	23.39	3
71	26.9	19.1	19.9	21.8	53.1	20.45	36
72	41.1	23.2	23.5	38.8	69.8	31.04	6
73	36.0	24.1	39.2	23.1	82.6	23.60	6
74	33.8	24.7	34.6	25.1	83.9	24.92	6
75	43.3	24.5	50.4	21.3	110.8	22.91	6
76	58.7	14.6	53.4	13.8	126.9	14.19	4
77	28.1	24.3	26.3	24.9	60.4	24.55	4
78	34.4	25.6	38.6	21.5	82.6	23.54	4
79	44.7	31.6	50.2	24.0	109.0	27.78	8
80	52.2	23.5	50.2	22.2	122.0	22.88	8
81	32.7	22.2	29.0	23.9	72.6	23.06	8
82	44.5	23.3	39.8	24.6	95.2	23.93	5
83	36.1	23.5	47.0	19.8	97.3	21.61	15
84	68.5	23.1	57.1	23.9	143.4	23.54	4
85	42.4	22.9	52.8	19.8	114.4	21.33	10
86	48.6	23.2	49.3	23.1	109.4	23.13	5
87	33.7	25.6	39.6	23.9	87.2	24.73	5
88	31.2	25.7	32.6	23.2	76.6	24.44	6
89	34.5	25.8	34.9	27.5	76.7	26.67	6
90	28.3	25.3	28.2	25.7	68.5	25.53	5
91	29.9	26.7	33.6	24.3	73.0	25.51	5
92	45.3	27.1	44.3	28.0	97.9	27.56	4
93	65.3	22.6	54.9	25.0	142.9	23.82	4
94	35.3	23.4	31.5	23.8	78.5	23.57	4
95	34.5	24.3	32.1	24.7	73.5	24.50	7
96	34.4	22.3	34.0	24.1	75.3	23.24	7
97	30.3	24.8	32.5	23.7	73.0	24.29	8
98	45.2	24.7	48.9	23.9	108.0	24.29	10
99	47.7	24.0	48.7	25.8	112.2	24.90	12

Ruta	Sentido 1		Sentido 2		Global		Frecuencia HDM (veh/h)
	Tiempo de trayecto (min)	Velocidad comercial (km/h)	Tiempo de trayecto (min)	Velocidad comercial (km/h)	Tiempo de ciclo (min)	Velocidad comercial (km/h)	
100	56.8	23.4	49.1	23.8	121.0	23.57	15
101	10.1	24.3	9.9	24.7	23.5	24.50	18
102	57.2	21.9	54.4	22.1	120.0	22.03	3
103	27.2	25.4	32.7	23.5	69.1	24.47	3
104	47.2	24.5	39.9	25.9	97.7	25.24	8
105	130.5	12.6	114.0	12.8	273.1	12.69	5
106	71.1	23.6	72.9	23.0	154.8	23.28	4
107	73.4	19.6	59.3	25.1	147.0	22.35	6
108	51.0	24.3	49.0	26.1	111.8	25.20	6
109	35.7	25.9	43.7	24.3	91.1	25.13	4
110	38.9	26.1	36.2	25.1	83.5	25.57	4
111	48.3	19.6	40.2	23.0	106.6	21.30	3
112	26.8	26.6	24.4	26.3	59.3	26.45	6
113	22.6	24.4	20.6	27.2	50.5	25.80	6
114	25.9	23.1	25.1	21.8	58.7	22.47	6
115	25.9	24.7	26.1	24.3	62.3	24.48	5
116	68.8	11.7	27.6	25.7	108.9	18.71	11
117	33.8	25.8	36.8	21.7	80.5	23.76	13
118	38.7	21.7	35.0	23.2	89.4	22.44	10
119	35.0	21.3	36.3	21.0	83.9	21.13	6
120	8.0	17.0	11.3	12.3	22.6	14.64	6
121	40.4	23.3	43.6	21.9	94.8	22.60	6
122	44.3	22.8	41.9	24.6	92.8	23.69	9
123	44.9	21.8	44.5	23.3	103.4	22.55	10
124	46.2	23.2	50.0	22.5	113.2	22.87	8
125	39.3	24.7	47.1	24.2	98.1	24.49	8
126	71.0	24.1	62.2	25.1	158.4	24.60	9
127	64.1	19.6	51.0	25.2	128.0	22.39	9
128	62.2	19.5	64.5	19.2	134.8	19.33	10
129	64.3	19.3	59.5	21.5	140.0	20.39	9
130	76.8	23.3	67.0	25.8	172.0	24.54	9
131	52.7	26.0	48.3	27.1	109.7	26.55	10
132	29.6	20.6	21.0	30.4	57.8	25.52	3
133	39.0	24.6	34.8	25.9	89.4	25.24	10
134	45.3	26.1	42.7	24.5	100.8	25.31	8
135	49.1	23.8	49.6	24.6	114.8	24.19	9
136	34.5	26.7	42.1	24.3	88.4	25.50	10
137	49.7	25.9	50.8	27.1	109.3	26.53	8
138	35.8	22.9	39.2	23.8	86.8	23.36	13
139	34.3	23.4	30.4	25.8	70.3	24.60	3

Ruta	Sentido 1		Sentido 2		Global		Frecuencia HDM (veh/h)
	Tiempo de trayecto (min)	Velocidad comercial (km/h)	Tiempo de trayecto (min)	Velocidad comercial (km/h)	Tiempo de ciclo (min)	Velocidad comercial (km/h)	
140	29.6	24.9	27.6	24.2	63.2	24.57	3
141	38.2	23.0	34.5	23.2	84.6	23.07	3
142	31.9	24.7	34.5	24.3	72.9	24.48	5
143	48.1	26.5	52.3	22.0	112.7	24.24	22
144	59.7	11.3	32.5	23.3	104.4	17.32	10
145	50.8	23.3	69.1	18.7	132.6	20.99	11
146	24.6	27.2	28.1	22.8	60.0	25.02	7
147	25.1	24.0	24.7	24.5	58.6	24.25	8
148	23.5	24.7	27.6	22.3	59.0	23.48	5
149	21.1	25.3	21.7	23.3	47.3	24.30	5
150	22.8	23.5	21.2	24.3	54.0	23.89	6
151	63.3	23.5	49.2	29.6	123.5	26.54	3
152	61.4	22.5	64.9	18.5	144.4	20.50	3
153	56.8	24.7	57.3	24.8	133.6	24.76	3
154	72.1	11.6	36.9	21.1	121.4	16.36	5
155	50.7	23.0	51.2	23.3	125.9	23.14	4
156	57.3	20.9	63.9	18.7	142.6	19.80	4
157	27.0	23.5	21.9	30.1	53.3	26.79	12
158	19.2	29.8	21.8	28.4	47.4	29.10	12
159	31.5	22.3	29.1	24.1	68.0	23.19	10
160	26.0	21.9	20.4	25.4	52.6	23.62	3
161	30.0	28.7	34.1	24.5	68.7	26.64	5
162	40.1	23.2	38.0	26.2	89.0	24.70	4
163	57.6	22.9	52.9	23.3	128.5	23.08	5
164	18.0	25.4	20.0	22.2	45.1	23.79	2

Fuente: Elaboración propia

Los tiempos de parada, por su parte, son directamente proporcionales a la capacidad del vehículo; a menor capacidad y tamaño, menor tiempo de parada y menor participación de este tiempo en el tiempo de ciclo. La razón ya se explicó; se llenan más rápido y pueden hacer servicios más expresos con menos paradas. También incide el hecho que por su menor tamaño pueden maniobrar más fácilmente entre el tráfico y avanzar más rápido.

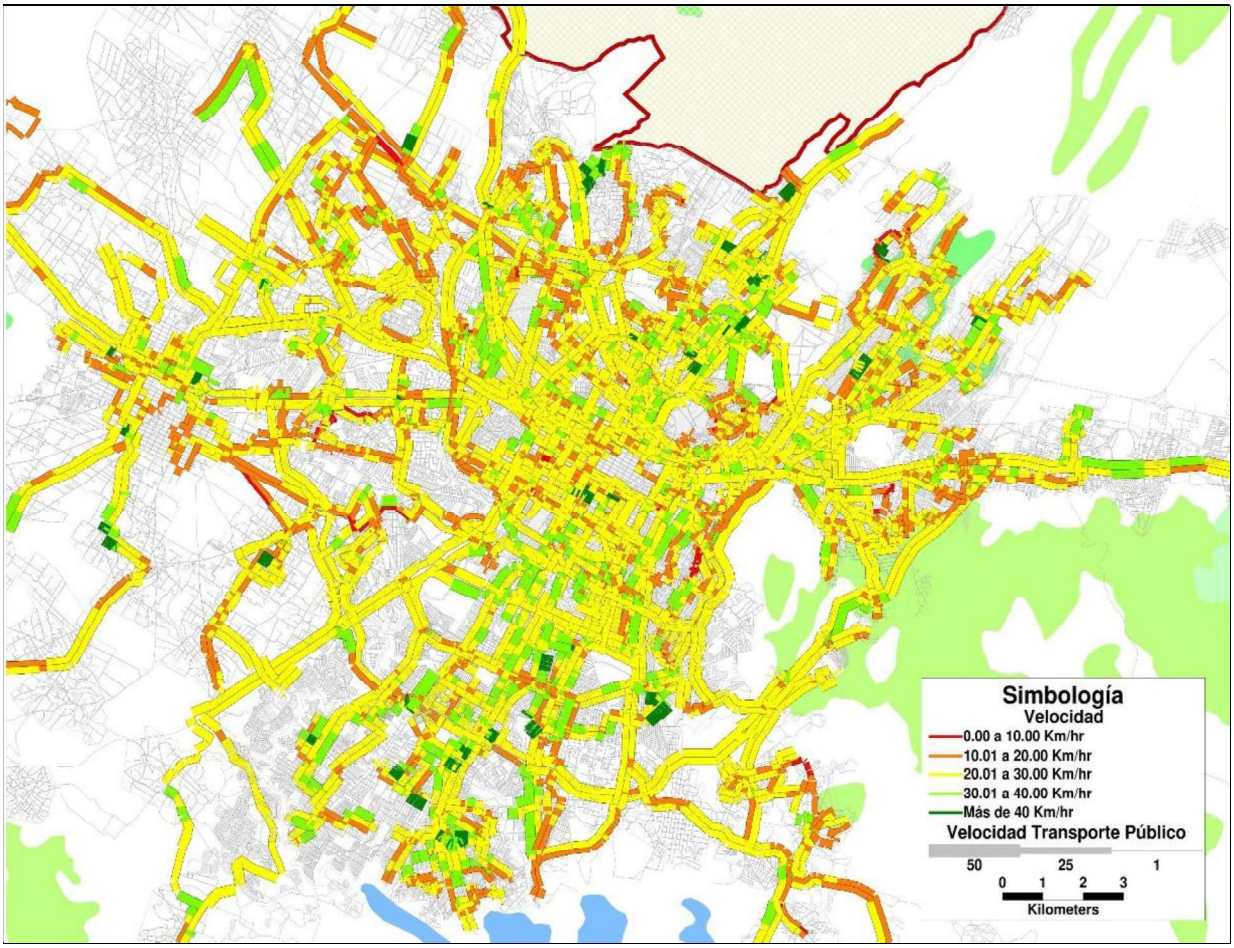
Además de las demoras generadas por el ascenso/descenso, hay otras demoras comunes para el sistema de transporte público como:

- Demoras en intersecciones semaforizadas.
- Demoras por tráfico o congestionamiento.
- Demoras por obstrucción de otras unidades de transporte público.
- Demoras por tiempo perdido ocasionalmente.

Adicionalmente, una práctica muy común entre transportistas, es la de esperar la llegada de pasajeros en puntos clave de la red (puentes peatonales con alto flujo de peatones, zonas comerciales, etc.) lo que aumenta las demoras de los usuarios en general.

Ciertos tramos de vía permiten velocidades mayores que el promedio de la ruta, mientras que en otros son menores. La Figura a continuación, muestra las velocidades de operación por tramo del transporte público en la ZMPU.

Figura 62. Plano de velocidades de las rutas de transporte público de la ZMPU



Fuente: Elaboración propia

Así como las velocidades entre rutas y entre diferentes tipos de vehículo son diferentes, las velocidades en diferentes puntos de la ciudad también cambian. La afluencia de vehículos, tanto públicos como privados, las características geométricas de las vialidades y la presencia de mecanismos reguladores del tránsito como semáforos, topes, etc. inciden en las velocidades alcanzadas.

Las vialidades del centro de la ciudad presentan bajas velocidades; mientras que vías de mayor sección y carreteras de conexión con la ciudad de puebla presentan velocidades altas.

Así como las velocidades tienen una variación geográfica a lo largo de la ciudad, los puntos conflictivos que generan demoras y afluencia de pasajeros también varían según la ubicación.

7.1.4 Frecuencia del servicio

La frecuencia de despachos en la hora de máxima demanda (HDM) varía bastante según la ruta. Algunas rutas sólo despachan un vehículo por hora mientras que otras llegan a 36 vehículos por hora. Esta disparidad significa que tienen intervalos desde una hora hasta casi 2 minutos. En promedio, para la totalidad de las rutas, la frecuencia del sistema es de 8 vehículos por hora, o lo mismo, una unidad cada 7.5 minutos aproximadamente.

Tabla 50 Frecuencias del servicio por tipo de vehículo

Tipo de vehículo	Frecuencia promedio (veh/h)	Intervalo (min)
Autobús	6	10
Microbús	9	7
Combi/Van	8	8

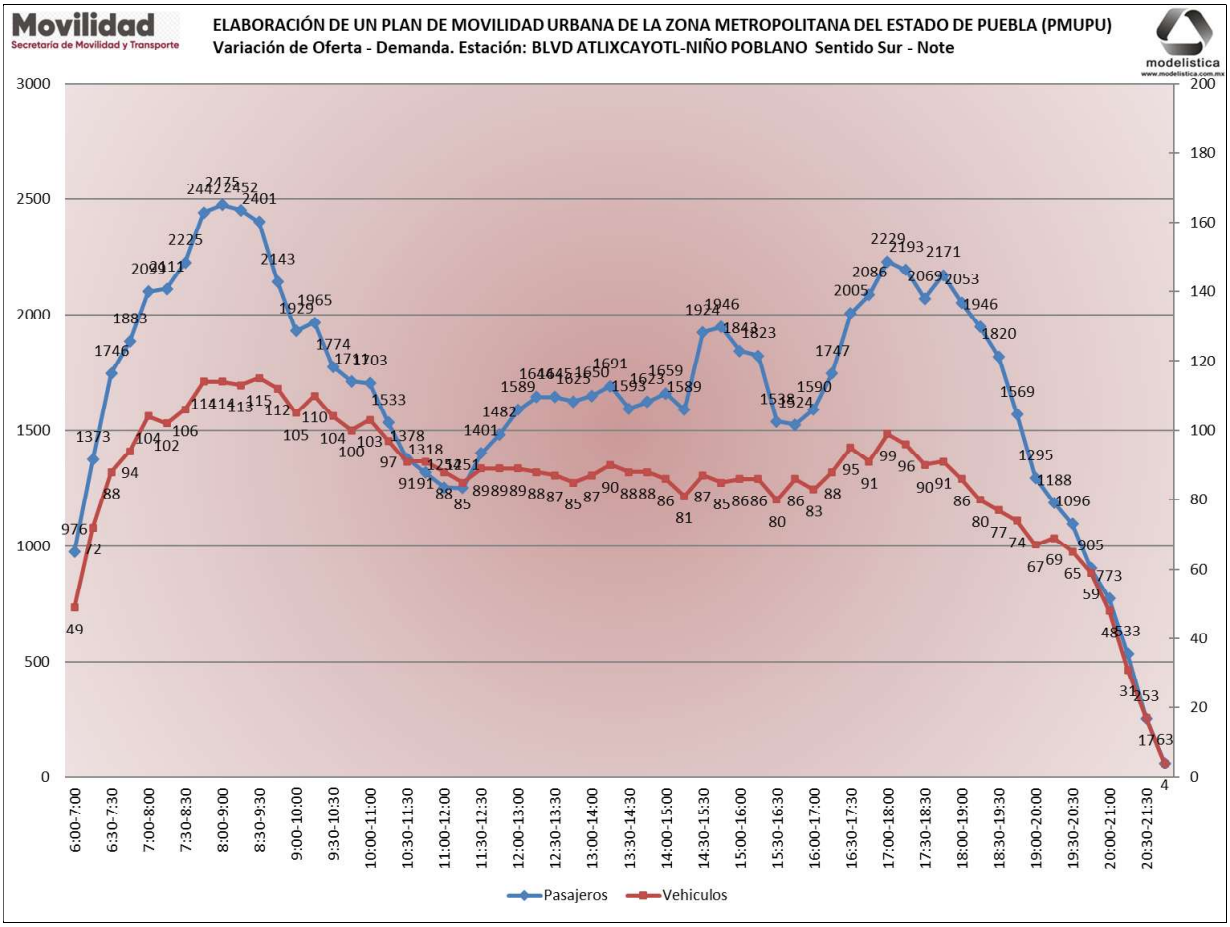
Fuente: Elaboración propia

Es interesante la relación que existe entre el tamaño de la unidad que opera el servicio, y la frecuencia del mismo. A medida que disminuye el tamaño y la capacidad del vehículo el servicio es más frecuente. La Tabla anterior muestra la frecuencia de la hora pico de la mañana para cada ruta.

Una alta frecuencia de servicio mejora el nivel de servicio para los usuarios al disminuir los tiempos de espera, pero puede generar congestión vehicular por la cantidad excesiva de unidades en las vialidades y mayores costos de operación que puede reflejarse a posteriori a solicitud de incrementos de tarifa.

Una práctica común en sistemas de transporte poco regulados, como estos que se ven en países en vías de desarrollo, es que las unidades de transporte público operan sin variar la frecuencia durante todo el día. Dado que el ingreso del transportista se basa en la cantidad de pasajeros transportados, existe un incentivo perverso a poner a rodar los vehículos todo el día para captar la mayor cantidad posible de usuarios. Por ello, las frecuencias de los servicios en períodos valle son similares a las frecuencias en los períodos pico, mientras que la demanda sí tiene un comportamiento marcado en función de la hora del día. Lo anterior provoca una sobreoferta de transporte en las horas valle, que se traduce en contaminación y congestión en horas que la demanda no es fuerte. La figura muestra el perfil de demanda y oferta para el Blvd. Atlixcáyotl y Niño Poblano en sentido sur – norte a lo largo del día.

Figura 63. Perfil de oferta y demanda Blvd. Atlixcáyotl y Niño Poblano Sentido S-N



Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que entre 8:00 y 20:00 horas, la demanda (línea azul) oscila entre 2,500 y 1,400 pasajeros. Esto corresponde a una reducción del 78% aproximadamente. Sin embargo, la oferta (línea roja) oscila entre 115 y 88 unidades para el mismo período, una reducción de tan solo el 30%. Este comportamiento es extensible para el resto de la ciudad. Los demás perfiles de oferta y demanda se encuentran en el capítulo de demanda de transporte en los estudios de frecuencia ocupación.

7.2 DEMANDA DE TRANSPORTE PÚBLICO

La caracterización de la demanda de transporte público se realizó con la información obtenida en campo de los estudios de Frecuencia - Ocupación Visual (FOV), Ascenso - Descenso de pasajeros (AD), las encuestas de Origen - Destino (EOD) realizadas a bordo de las unidades de transporte público y el Sondeo de Opinión al Usuario. En las secciones que siguen se presenta la ubicación y características básicas de los estudios realizados y posteriormente se presentan los resultados más relevantes de los estudios.

7.2.1 Estudios realizados para caracterizar la demanda

7.2.1.1 Estudios de Frecuencia - Ocupación

El estudio de frecuencia y ocupación visual permite obtener, principalmente, información sobre la variación de la demanda a lo largo del día. Además de la carga en puntos específicos, este estudio permite obtener información sobre la flota operacional, los intervalos de paso y la frecuencia horaria (contrastar esta información contra la obtenida en las observaciones de despacho permite sacar conclusiones sobre deficiencias operacionales).

Los estudios de frecuencia de vehículos y ocupación de pasajeros se llevaron a cabo en 20 estaciones estratégicas en períodos de 16 horas para día hábil, 10 estaciones para el sábado y la misma cantidad para el día domingo.

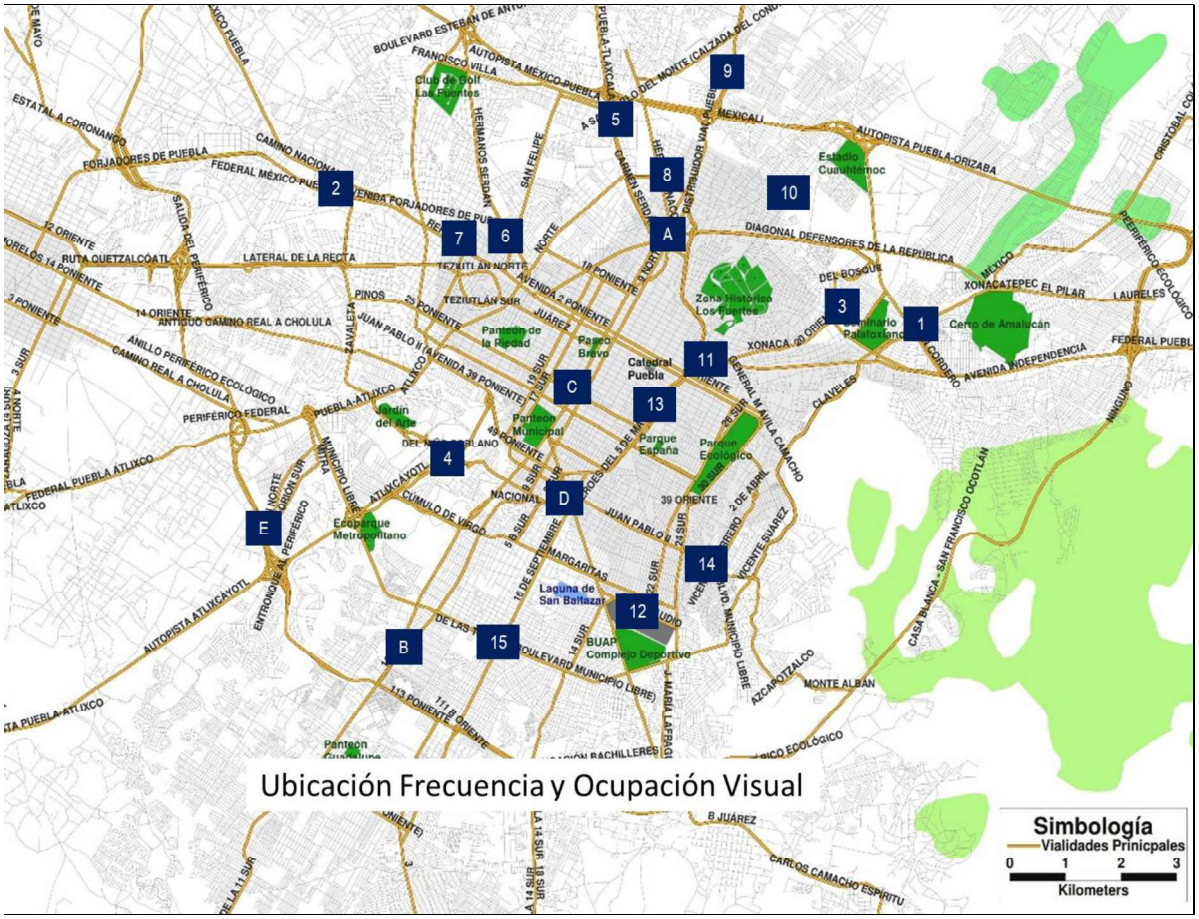
En la Tabla y la Figura se muestra la ubicación de las estaciones en donde se realizaron estudios de frecuencia y ocupación visual, así como los días de estudio

Tabla 51 Ubicación de los estudios de frecuencia y ocupación

No.	Ubicación		Día de estudio		
	Calle principal	Calle de cruce	Hábil	Sábado	Domingo
1	Av. Tecamachalco-Independencia	Plaza Del Carmen	SI		
2	Blvd. Forjadores	Calzada Zavaleta	SI	SI	SI
2	Propuesta 2 Xonacatepec		SI		
3	Atlixcáyotl	Blvd. Del Niño Poblano	SI		
4	Blvd. Carmen Serdán	Atilac	SI		
5	Blvd. Hermanos Serdán	Blvd San Felipe	SI	SI	SI
6	Avenida Reforma	Teziutlán Sur	SI		
7	Héroes De Nacozari	Blvd. 5 De Mayo	SI		
8	Carretera Vía Corta Santana	Av. 104 Pte	SI	SI	SI
9	Zaragoza-Corregidora		SI	SI	SI
10	Av. 14 Ote (Xonaca)	Blvd. 5 De Mayo	SI	SI	SI
11	Av. San Claudio	Rio Salado	SI		
12	11 Ote	Blvd 5 De Mayo	SI	SI	SI
13	Av. Fidel Velázquez	Vicente Guerrero	SI		
14	16 De Septiembre-Municipio Libre	Av. Tepeaca	SI		
A	1 Ruta Defensores-Nacozari		SI	SI	SI
B	2 Ruta 11 Sur-105pte		SI	SI	SI
C	2 Ruta 11 Sur-25 Pte		SI		
D	3 Ruta Valsequillo-Juan Pablo II		SI	SI	SI
E	4 Ruta Periférico Ciudad Judicial		SI	SI	SI

Fuente: Elaboración propia

Figura 64. Ubicación de los estudios de frecuencia ocupación visual



Fuente: Elaboración propia

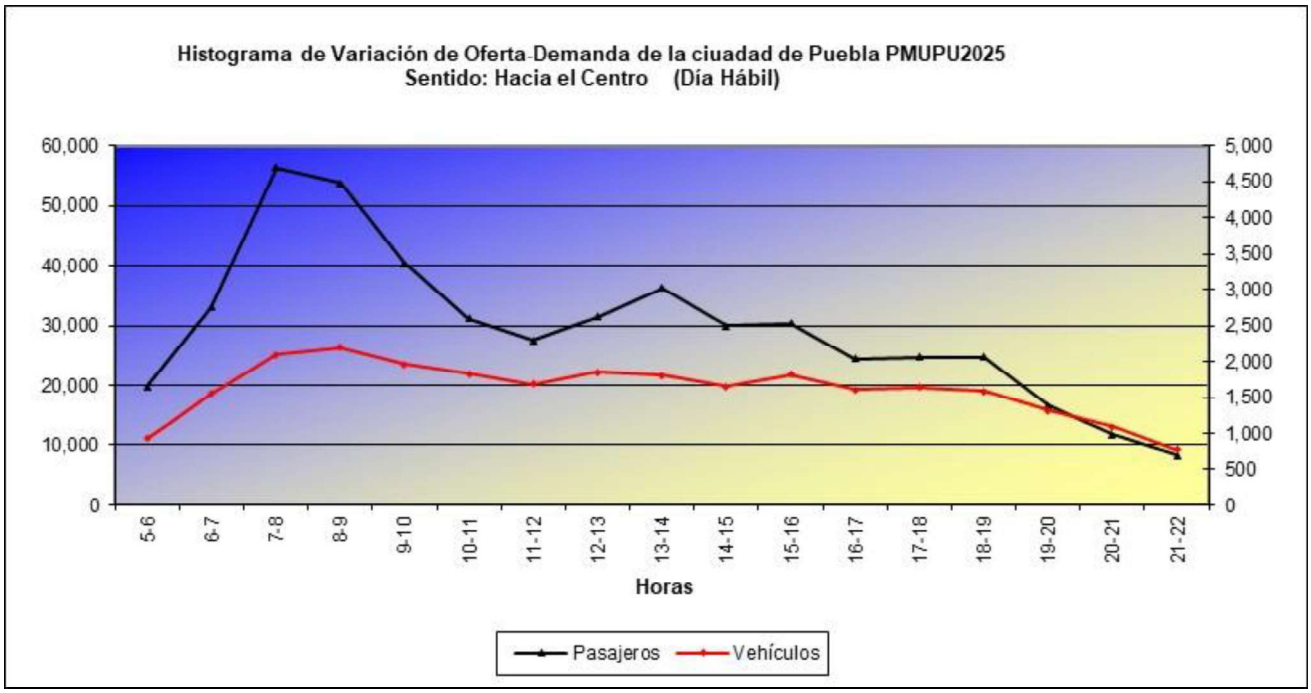
La variación horaria de la oferta (volumen de unidades por hora) y de la demanda (volumen de pasajeros por hora), para cada sentido de circulación en estaciones estudiadas del área de influencia presenta un patrón típico de un comportamiento de demanda pendular: el flujo de pasajeros es mayor desde la periferia hacia el centro en la mañana y del centro a la periferia por la tarde. En el sentido de ida por la mañana los picos de alta demanda son más pronunciados, mientras que en la tarde la demanda se distribuye a lo largo de un mayor número de horas. La hora de mayor carga de todo el día resultó en la mañana en el periodo de la 7:00 a 8:00hrs. De tal forma, para efectos del presente estudio, los datos y análisis estarán hechos para la hora pico de la mañana porque este es el período crítico. Por ejemplo, la valoración que los usuarios dan al tiempo de viaje en la mañana es más exigentes que en la tarde.

Dada la extensión del área de estudio, las horas pico pueden ser diferentes en momento e intensidad en diferentes puntos de la red. Sin embargo, para efectos de análisis se ha definido como la hora pico de la mañana el período comprendido entre las 7:00 y 8:00. La hora pico de la tarde se encuentra entre las 18:00 y las 19:00. También se nota un leve repunte de la demanda a la hora de la comida, entre 13:00 y 14:00. En próximos capítulos se indicará cuál es la demanda del sistema de transporte público, tanto en la hora pico como en el día completo.

A partir de las cargas registradas en la hora pico de la mañana en las estaciones de 16 horas fue posible determinar el factor de hora pico para estimar los volúmenes de pasajeros por día. El factor determinado fue de 9.7, lo que implica que, el volumen de pasajeros diario movilizado se obtiene del producto de la carga del sistema en la hora pico de la mañana por 9.7. Este factor se utilizará para los análisis ulteriores.

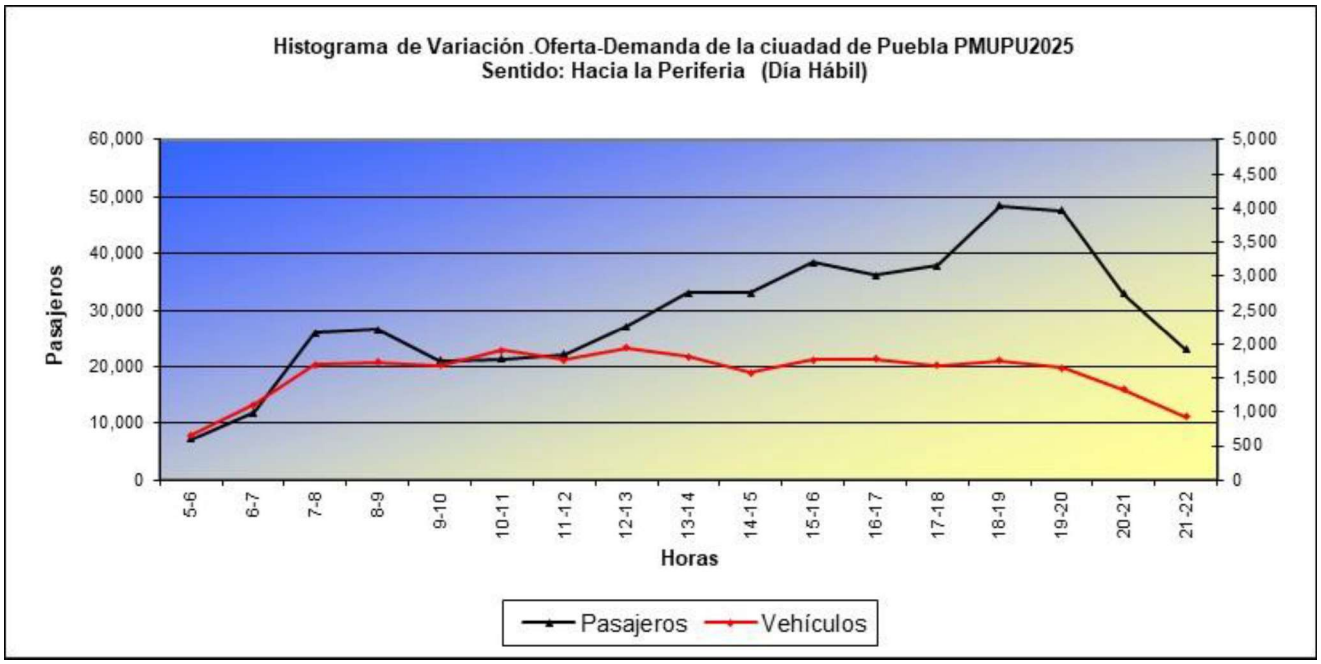
Las figuras a continuación muestran las variaciones de la demanda en la zona de estudio a lo largo de un día hábil típico, según el sentido y para ambos sentidos; en función de la hora de máxima demanda de la mañana. Se asigna un valor de 1 a la hora pico de la mañana.

Figura 65. Variación diaria del volumen de pasajero en sentido hacia el centro



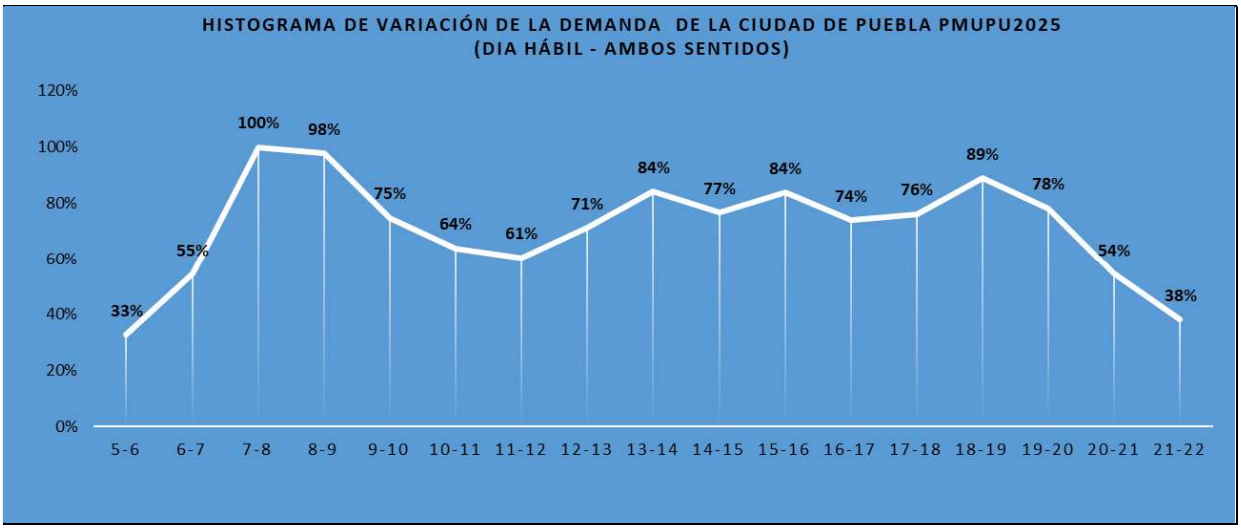
Fuente: Elaboración propia

Figura 66. Variación diaria del volumen de pasajero en sentido hacia la periferia



Fuente: Elaboración propia

Figura 67. Variación diaria del volumen de pasajero en ambos sentidos

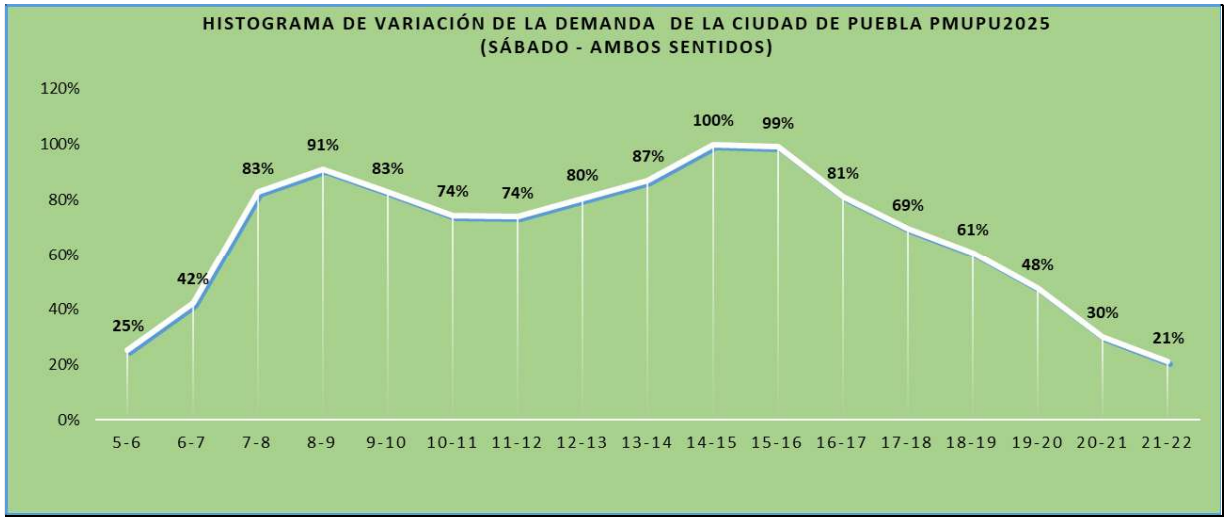


Fuente: Elaboración propia

.

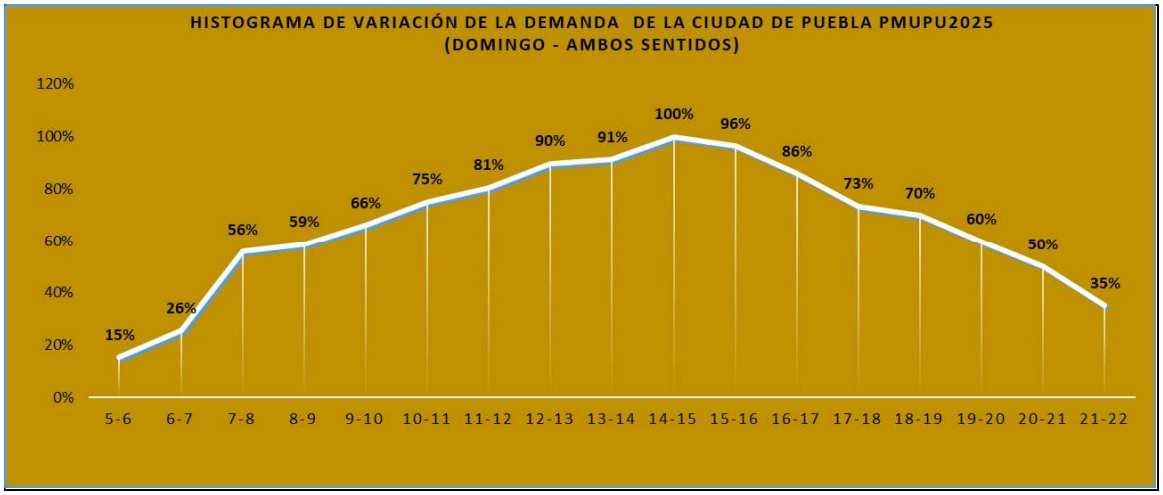
El Consultor realizó además estudios de frecuencia ocupación en fin de semana. En sábado y en domingo se establecieron diez estaciones. Los puntos escogidos ya fueron presentados; el estudio se realizó durante 16 horas, entre las 6:00 y las 22:00. Esto permitió definir el perfil de demanda para el sábado y domingo respectivamente. Las figuras a continuación presentan el comportamiento de la demanda para sábado y domingo.

Figura 68. Variación diaria del volumen de pasajero en ambos sentidos (sábado)



Fuente: Elaboración propia

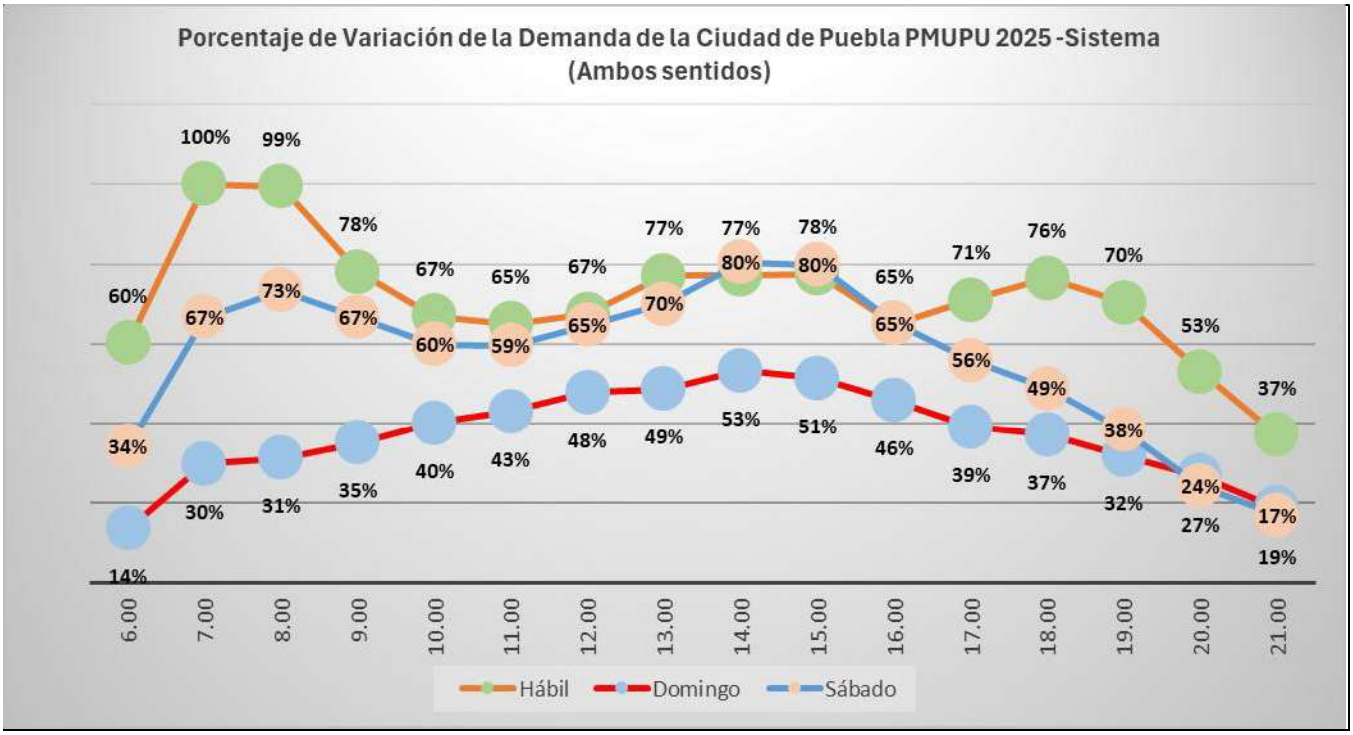
Figura 69. Variación diaria del volumen de pasajero en ambos sentidos (domingo)



Fuente: Elaboración propia

La Figura siguiente muestra la comparación entre la demanda de día hábil, sábado y domingo. Se asigna un valor de 1 a la hora pico de la mañana de día hábil.

Figura 70. Variación diaria del volumen de pasajero en ambos sentidos (hábil, sábado y domingo)



Fuente: Elaboración propia

Nótese que la demanda de las 14 y 15 horas en sábado llega a ser un poco mayor que la de día hábil. El resto del día, así como el domingo, la demanda se mantiene por debajo de la de día hábil. En resumen, un sábado se moviliza en transporte público, aproximadamente el 79% de las personas que lo hacen en día hábil. En domingo, el porcentaje baja al 52%. Son cifras altas si se tiene en cuenta que en otras ciudades estos porcentajes pueden bajar al 50% y 30%.

7.2.1.2 Estudios de Ascenso – Descenso

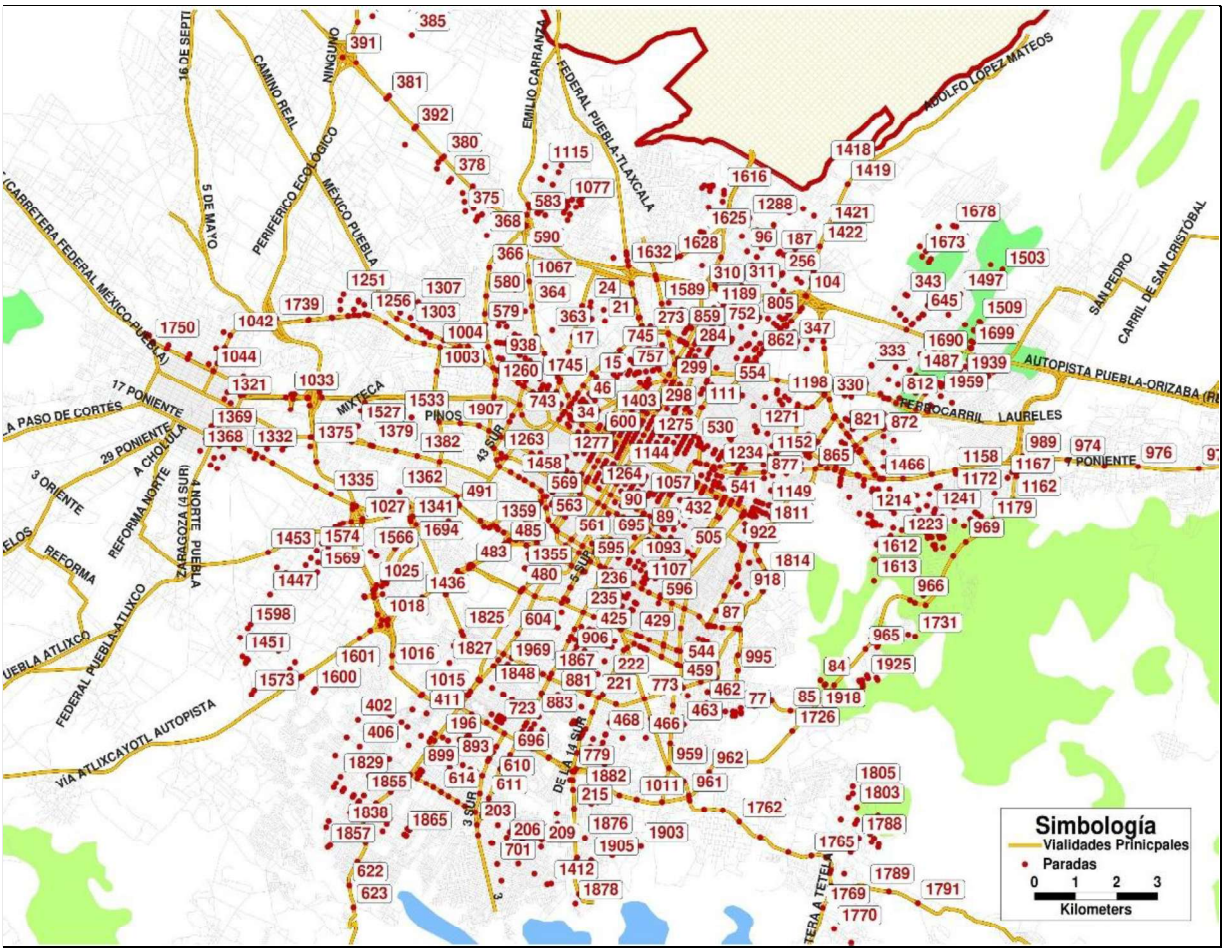
Los estudios de ascenso y descenso se realizaron en el periodo pico de la mañana de 7:00 a 9:00 horas con al menos dos recorridos por ruta. Fueron estudiadas 163 de las 164 rutas definidas en el Inventario de Derroteros, el 99%. La sobreoferta de transporte de la ciudad (Ver capítulo de oferta de transporte) hace que muchas rutas circulen por las mismas vialidades y cubran los mismos orígenes y destinos. En este caso, las demandas de estas rutas son similares.

Las observaciones se hicieron a bordo de la unidad, con una persona en cada puerta, con lo cual se controlan los ascensos y descensos. Adicionalmente, la persona de la puerta trasera realizaba el estudio de tiempos y demoras. Cabe mencionar que adicionalmente, se contó con un programa del consultor en el cual se va identificando la ubicación de cada uno de los usuarios que abordaban o descendían del vehículo.

Para referenciar los estudios a un nivel mayor de desagregación, se determinaron puntos de control estratégicamente distribuidos en toda la red de transporte público. En la Figura se muestran los puntos de control adoptados para este estudio.

Cabe mencionar que a partir de los estudios de ascenso-descenso se determinaron también las velocidades de operación de las unidades de transporte público.

Figura 71. Puntos de parada o control del sistema de transporte en el área de estudio

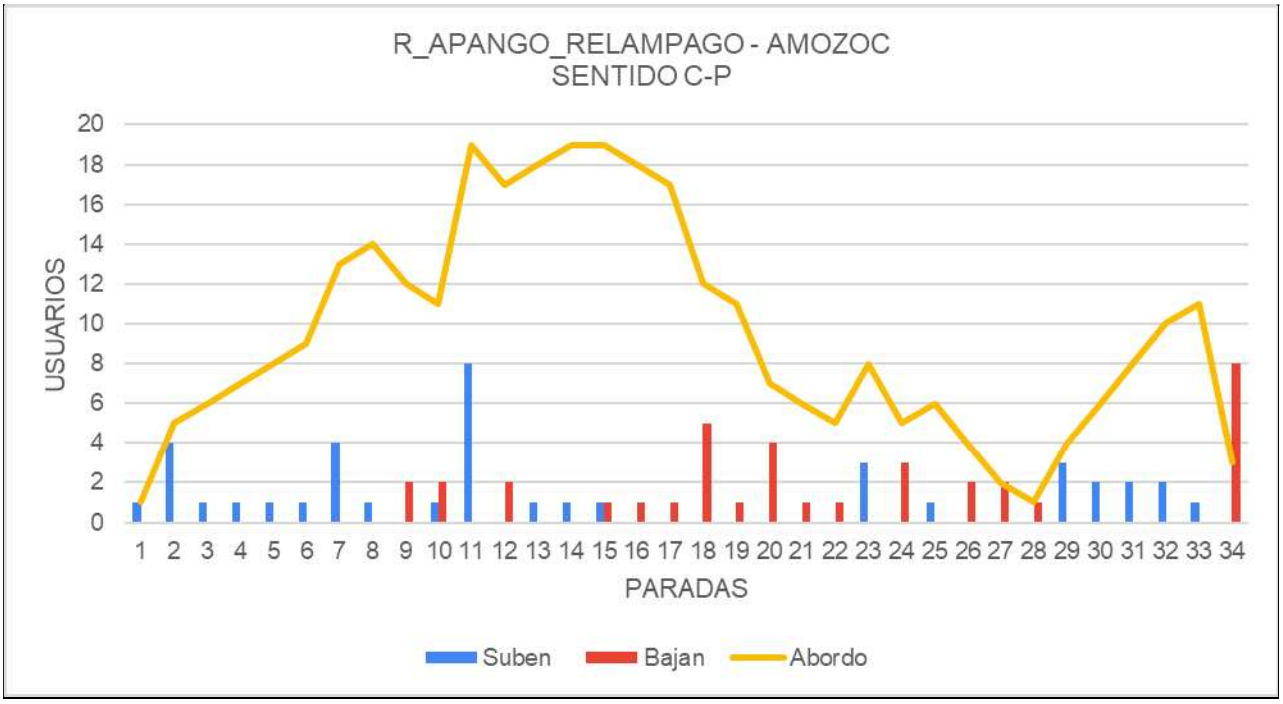


Fuente: Elaboración propia

De los estudios de Frecuencia - Ocupación se obtuvo información puntual del volumen de pasajeros y su variación horaria en diferentes puntos de la ciudad. El estudio de Ascenso - Descenso permitió estimar el número de pasajeros que abordan o descienden de las unidades a lo largo de la ruta.

La Figura muestra un ejemplo de datos operativos del estudio de Ascenso -Descenso durante la HDM y el polígono de carga respectivamente. Los datos presentados corresponden al período pico de la mañana.

Figura 72. Polígono de Carga de una Ruta (Apango – Amozoc)



Fuente: Elaboración propia

.

7.2.1.3 Encuesta Origen – Destino

Las encuestas Origen - Destino (OD) buscan básicamente conocer las zonas entre las que los habitantes de un área urbana se mueven. También permiten conocer las horas, tiempos, modos y costos de los desplazamientos, entre otros.

Los componentes básicos de la metodología son la muestra estadística, la encuesta y la expansión. A continuación, se definen los componentes más importantes de la metodología de aplicación.

Muestra estadística: La muestra estadística es de gran importancia y estuvo de acuerdo con los objetivos del estudio, por lo que el consultor tuvo cuidado en las unidades que conforman la muestra, en la población que se busca representar, en el tamaño de la proporción a ser tomada, y en la forma en que seleccionó dicha proporción.

Se realizaron muestreos aleatorios, teniendo cuidado en la selección de cada unidad, ya que esta debe ser independiente, y cada una de ellas debe tener la misma probabilidad de ser muestreada.

Captura de la encuesta: Para llevar a cabo la captura, el consultor ha desarrollado procedimientos especializados con el objetivo de disminuir los errores de captura. Con respecto

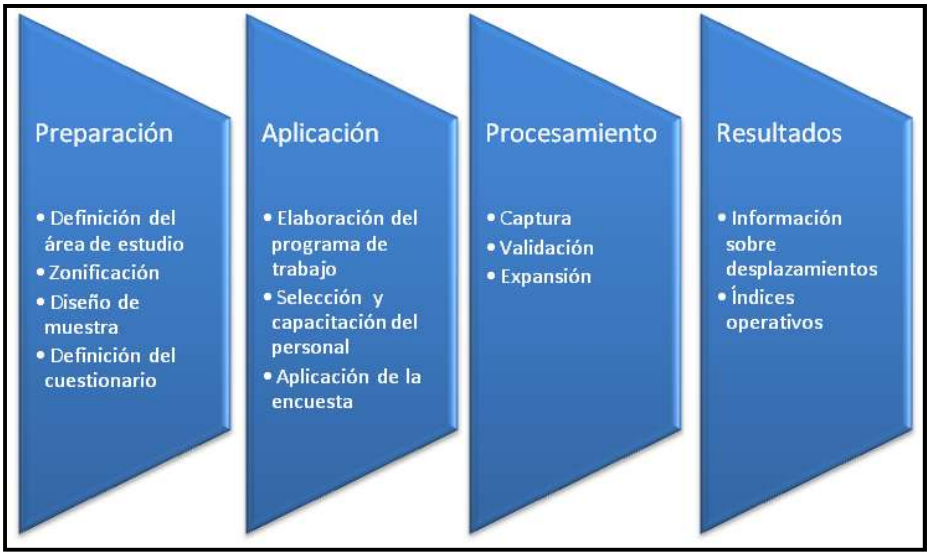
a la validación de los datos, se analizó la consistencia de las respuestas, así como también el llenado de los formatos de viajes.

Expansión de la encuesta: Antes de realizar la expansión de la muestra, se realizaron correcciones para lograr resultados que sean no solamente representativos de toda la población, si no también confiables y válidos. Tras la codificación de las Cédulas consideradas válidas (todos los datos completos), los contenidos fueron capturados en la Base de datos respectiva. Las encuestas incompletas o inconsistentes fueron evaluadas y corregidas por el equipo, con vista a la recuperación del mayor número posible de ellas.

Validación: Los datos obtenidos de las encuestas de Origen – Destino fueron sometidos a tres procesos de validación. El primero considera verificaciones en campo de que los datos estén completos y coherentes; usualmente después de este proceso se codifican y capturan en gabinete.

A continuación, se presenta una figura esquemática que ilustra la metodología típica que se sigue al aplicar una encuesta OD.

Figura 73. Metodología para elaboración de encuesta OD



Fuente: Elaboración propia

Un elemento importante en la aplicación de la encuesta es la zonificación del área de estudio, la cual se dividió en un número de zonas igual al número de AGEB´s de acuerdo al censo de población del INEGI.

Las encuestas realizadas fueron de dos tipos: a) encuesta origen-destino a bordo de unidades de transporte público, y b) encuesta origen-destino a ciclistas. La Tabla muestra un ejemplo de la encuesta de capturada de la encuesta OD a bordo de las unidades de transporte público..

Tabla 52 Ejemplo de captura de la encuesta Origen – Destino a bordo de transporte público

Folio	Fecha	hora	No. Ruta	Género	Sentido	Origen	Destino	Tomo-Tpe	Tipo	Tomará-tpe	Tipo	Paga $	Cam-Parada	Tiemp-esper	Camina-Destin	Tiem-viaje	Frecuencia	Motivo	Expansión
1	12-jun-25	6.47	104	1	1	950	155	1	0	2	2	200	1	2	1	2	5	1	11.72
2	12-jun-25	6.55	104	1	1	889	220	1	0	1	0	17	2	1	1	3	7	1	11.72
3	12-jun-25	7.00	104	1	1	889	507	1	0	1	0	17	1	1	2	2	5	1	11.72
3501	23-jun-25	7.16	165	1	1	985	235	2	2	1	0	16	1	1	1	1	6	1	6.14
3502	23-jun-25	7.16	165	2	1	985	235	2	2	1	0	16	1	1	1	1	6	1	6.14
3503	26-jun-25	7.21	165	2	1	1199	381	2	4	1	0	16	1	1	1	2	5	1	6.14
3504	23-jun-25	7.24	165	1	1	257	223	1	0	1	0	16	2	2	2	1	6	1	6.14
3505	23-jun-25	7.28	165	1	1	499	381	1	0	1	0	16	1	1	2	1	5	1	6.14
3506	23-jun-25	7.34	165	2	1	257	381	1	0	1	0	16	2	1	1	1	6	1	6.14
3506	23-jun-25	8.45	165	1	1	381	1257	1	0	2	4	32	2	1	1	2	6	1	6.14
3507	23-jun-25	7.48	165	2	2	551	889	1	0	1	0	16	1	1	1	3	5	1	8.29
3508	23-jun-25	7.51	165	2	2	472	381	1	0	1	0	16	1	2	3	2	6	1	8.29
4265	24-jun-25	7.10	166	1	1	223	871	2	2	1	0	80	2	2	1	2	6	1	6.67
4266	24-jun-25	7.12	166	1	1	910	946	2	4	1	0	40	1	4	1	3	7	5	6.67
4267	24-jun-25	7.14	166	2	1	612	611	1	0	1	0	16	1	4	1	1	1	5	6.67
4268	24-jun-25	7.18	166	1	1	611	871	1	0	1	0	16	1	3	1	1	6	1	6.67
4269	24-jun-25	7.23	166	2	1	537	946	1	0	1	0	80	2	2	2	3	7	1	6.67
4270	24-jun-25	7.26	166	1	1	866	946	1	0	1	0	16	1	3	2	2	6	1	6.67
9881	04-jul-25	7.13	165	2	1	1222	1234	2	2	2	2	36	2	3	2	4	6	1	6.14
9882	04-jul-25	7.15	165	2	1	926	871	1	0	2	2	40	3	4	2	3	4	1	6.14
9883	04-jul-25	7.17	165	1	1	1222	1052	2	2	2	2	87	3	4	2	4	5	1	6.14
9884	04-jul-25	7.19	165	2	1	26	1116	1	0	1	0	20	2	1	3	3	5	1	6.14
9885	04-jul-25	7.22	165	2	1	1041	1116	2	2	1	0	40	2	1	2	3	5	1	6.14
9886	04-jul-25	7.24	165	1	1	1041	1177	2	4	2	3	70	1	1	1	3	6	1	6.14
9887	04-jul-25	7.27	165	1	1	950	668	1	0	1	0	30	1	1	3	3	6	1	6.14
9888	04-jul-25	7.29	165	2	1	955	760	2	4	1	0	60	1	1	1	2	6	1	6.14
9889	04-jul-25	7.33	165	1	1	697	1116	1	0	1	0	20	1	3	2	1	4	1	6.14
9890	04-jul-25	7.35	165	2	1	697	1116	1	0	1	0	40	1	2	2	2	6	1	6.14
9891	04-jul-25	7.38	165	1	1	697	3007	1	0	1	0	60	1	2	1	2	6	1	6.14
15000	04-jul-25	8.24	65	1	2	1051	155	2	3	2	3	60	1	2	2	4	6	1	17.71
15001	04-jul-25	8.27	65	2	2	1045	856	1	0	1	0	17	2	2	1	2	6	1	17.71
15002	04-jul-25	8.30	65	2	2	1046	612	2	3	1	0	40	1	2	1	2	3	1	17.71

Fuente: Elaboración propia

Objetivo

Identificar los orígenes y destinos de viajes de los usuarios de las rutas de transporte público en la ZMPU en las horas de máxima demanda, con lo que se definen las líneas de deseo y los puntos de generación y atracción de viajes.

Con el levantamiento de la encuesta origen - destino, al poner énfasis en el transporte público y debido al gran porcentaje de usuarios cautivos en este modo, se obtiene una imagen completa de los movimientos que se realizan en la ciudad.

Metodología

La encuesta origen-destino se llevó a cabo a bordo de las unidades durante todo el recorrido de cada ruta en ambos sentidos, con cuestionarios a una muestra de pasajeros previamente determinada.

Con esta encuesta se obtuvo la matriz de viajes de los usuarios de los servicios de transporte público, se identificó el origen inicial y destino final de cada viaje, los puntos de ascenso y descenso, si el usuario utilizó otro tipo de transporte antes de abordar la unidad en que viaja y

si utilizó otro transporte después de bajar de la unidad, además de una serie de preguntas respecto al tiempo de caminata, tiempos de espera, motivos del viaje, frecuencia de viaje, transbordos, etc.

Universo de encuesta

El universo es el total de pasajeros de transporte público que viajan en días hábiles.

Muestreo

Con los datos de la encuesta de ascenso/descenso y con las frecuencias de viaje se estimó la demanda de pasajeros en las rutas para el periodo crítico.

La técnica de muestreo adoptada corresponde al "muestreo estratificado por la demanda", es decir, el número de encuestas por ruta es proporcional a la demanda de pasajeros de la ruta en la hora de máxima demanda.

Para efectuar esta encuesta se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

- Diseño de la muestra.
- Preparación de la encuesta, el diseño y la prueba (prueba piloto) de la cédula de encuesta.
- Capacitación del personal de encuestadores.
- Levantamiento de las encuestas en los transportes.
- Captura y procesamiento de la información.
- Análisis básico de la información obtenida.

La encuesta de origen y destino se aplicó a bordo de las unidades cumpliendo con el tamaño muestral previamente definido, al menos el 5% de la demanda en el período de máxima demanda de la mañana (establecido entre 7 y 9 horas), más un 1% de entrevistas adicionales por cuestiones de seguridad. Así, el tamaño predefinido de la muestra fue del 6% de la demanda en la hora de máxima demanda.

Tras la codificación de las cédulas consideradas válidas (todos los datos completos), los contenidos fueron capturados en la base de datos respectiva. Las encuestas incompletas o inconsistentes se separaron y evaluaron por los equipos de trabajo, con el objetivo de recuperar el mayor número posible de ellas.

En total se levantaron 14,980 encuestas en las 163 rutas convencionales y en las estaciones y terminales del sistema RUTA, es decir se efectuaron encuestas en el 100% de las rutas identificadas.

Expansión de la muestra

Con el objetivo de estimar el total de los patrones de viaje en transporte público de la encuesta origen destino a bordo de unidades de transporte, se realizó una expansión de la muestra. El factor de expansión aplicado fue calculado de la siguiente manera:

- El estudio de Ascenso Descenso permite conocer cuántos usuarios por vehículo se mueven en una ruta durante la hora de máxima demanda. Si este valor se multiplica por la cantidad de vehículos que se mueven en ese período, es decir, la frecuencia del servicio, se sabrá cuantos pasajeros mueve la ruta en la hora pico. La frecuencia de una ruta es calculada a través del estudio de despachos en terminales.
- Ahora bien, no a todos los usuarios de una ruta se les hace la encuesta. Se escoge una muestra (ver muestreo) y luego se expande. El factor de expansión para las encuestas se obtiene de la relación entre el número total de pasajeros y el número de encuestas realizadas para cada ruta.

En la tabla a continuación se presentan los factores de expansión para cada una de las rutas y en función del número de encuestas obtenidas

Tabla 53 Universo de encuesta y factores de expansión de la encuesta origen y destino a bordo del servicio de transporte público

Cod MOD	Cod Transporte	Frecuencia	Asc-Desc		Universo de encuestas		Encuestas A realizar		Encuestas obtenidas		Factores Exp	
		veh/hr	Ida	Regreso	Ida	Regreso	Ida	Regreso	Ida	Regreso	Ida	Regreso
1	R-5	5	73	73	365	365	26	26	16	18	22.81	20.28
2	R-5	5	111	111	555	555	39	39	15	17	37.00	32.65
3	R-6	6	59	59	354	354	25	25	15	10	23.60	35.40
4	R-6	6	20	18	120	108	8	8	15	10	8.00	10.80
5	R-8	4	46	48	184	192	13	13	50	41	3.68	4.68
6	R-8	4	78	76	312	304	22	21	40	40	7.80	7.60
7	R-27	3	33	33	99	99	7	7	20	15	4.95	6.60
8	R-27	3	33	31	99	93	7	7	20	15	4.95	6.20
9	R-28	18	47	48	846	864	59	60	118	86	7.17	10.05
10	30-A	12	98	92	1176	1104	82	77	28	32	42.00	34.50
11	R-54	3	101	101	303	303	21	21	27	48	11.22	6.31
12	R-55	12	114	119	1368	1428	96	100	73	81	18.74	17.63
13	R-72	5	66	61	330	305	23	21	33	17	10.00	17.94
14	R-72	5	49	53	245	265	17	19	33	17	7.42	15.59
15	R-72 A	10	137	143	1370	1430	96	100	32	18	42.81	79.44
16	R-AZUMIETLA	8	216	218	1728	1744	121	122	8	17	216.00	102.59
17	R-LOMA BELLA	8	133	129	1064	1032	74	72	24	26	44.33	39.69
18	R-4	9	66	66	594	594	42	42	5	15	118.80	39.60
19	R-4	8	133	129	1064	1032	74	72	30	8	35.47	129.00
20	3 Estrellas	1	53	54	53	54	4	4	1	1	53.00	54.00
21	R-21	9	65	64	585	576	41	40	104	80	5.63	7.20
22	R-61 A	10	52	51	520	510	36	36	61	38	8.52	13.42
23	R-63	6	96	96	576	576	40	40	26	19	22.15	30.32
24	R-76	17	134	135	2278	2295	159	161	97	119	23.48	19.29
25	R-Apango	7	55	55	385	385	27	27	36	39	10.69	9.87

Cod MOD	Cod Transporte	Frecuencia	Asc-Desc		Universo de encuestas		Encuestas A realizar		Encuestas obtenidas		Factores Exp	
		veh/hr	Ida	Regreso	Ida	Regreso	Ida	Regreso	Ida	Regreso	Ida	Regreso
26	CREE Madero	8	194	192	1552	1536	109	108	57	68	27.23	22.59
27	Línea Periférico	8	83	81	664	648	46	45	15	10	44.27	64.80
28	R-11	11	51	52	561	572	39	40	6	7	93.50	81.71
29	R-11	11	52	50	572	550	40	39	6	7	95.33	78.57
30	R-11	10	51	50	510	500	36	35	6	8	85.00	62.50
31	R-12 A	15	128	128	1920	1920	134	134	106	107	18.11	17.94
32	R-18	12	88	88	1056	1056	74	74	4	4	264.00	264.00
33	R-18	12	139	139	1668	1668	117	117	2	2	834.00	834.00
34	R-19	20	99	97	1980	1940	139	136	26	24	76.15	80.83
35	R-23	8	36	37	288	296	20	21	67	60	4.30	4.93
36	R-23	8	44	39	352	312	25	22	76	98	4.63	3.18
37	R-24	20	73	69	1460	1380	102	97	66	84	22.12	16.43
38	R-27 A	14	76	77	1064	1078	74	75	12	18	88.67	59.89
39	R-35	7	52	46	364	322	25	23	18	32	20.22	10.06
40	R-35	6	26	27	156	162	11	11	7	19	22.29	8.53
41	R-San Andrés	2	64	64	128	128	9	9	25	26	5.12	4.92
42	R-San Andrés	2	53	54	106	108	7	8	25	25	4.24	4.32
43	R-San Andrés	2	51	49	102	98	7	7	26	25	3.92	3.92
44	R-Santa Lucia	14	150	149	2100	2086	147	146	51	49	41.18	42.57
45	R-Tlaltepango	12	53	48	636	576	45	40	64	61	9.94	9.44
47	R-Tlaltepango	10	30	29	300	290	21	20	72	53	4.17	5.47
48	R-Tlaxcalancingo	4	78	76	312	304	22	21	46	44	6.78	6.91
49	R-1	12	33	34	396	408	28	29	69	106	5.74	3.85
50	R-2A	13	105	102	1365	1326	96	93	75	62	18.20	21.39
51	R-3A	15	117	112	1755	1680	123	118	73	72	24.04	23.33
52	R-3	14	205	202	2870	2828	201	198	50	80	57.40	35.35
53	R-3	14	56	55	784	770	55	54	25	40	31.36	19.25
54	R-14A	9	103	105	927	945	65	66	46	40	20.15	23.63
55	R-14A	9	116	115	1044	1035	73	72	26	24	40.15	43.13
56	R37	5	51	48	255	240	18	17	22	36	11.59	6.67
57	R-38	12	101	100	1212	1200	85	84	5	5	242.40	240.00
58	R-38A	12	79	81	948	972	66	68	5	5	189.60	194.40
59	R-58	14	59	57	826	798	58	56	80	45	10.33	17.73
60	R-AZTECA	8	77	76	616	608	43	43	135	165	4.56	3.68
61	R-AZTECA	8	97	98	776	784	54	55	27	50	28.74	15.68
62	R-AZTECA	8	133	129	1064	1032	74	72	10	15	106.40	68.80
63	R-M8	22	61	61	1342	1342	94	94	18	32	74.56	41.94
64	R-TECALI O BALSEQUILLO	10	33	30	330	300	23	21	92	83	3.59	3.61
65	R-M2	8	64	62	512	496	36	35	46	28	11.13	17.71
66	R-M1	4	50	49	200	196	14	14	3	7	66.67	28.00
67	R-M1	4	40	37	160	148	11	10	15	5	10.67	29.60
68	R-M1	4	72	78	288	312	20	22	15	5	19.20	62.40
69	R-M1	4	80	83	320	332	22	23	20	15	16.00	22.13
70	R-45A	3	40	40	120	120	8	8	21	20	5.71	6.00
71	R-45A	36	182	189	6552	6804	459	476	21	20	312.00	340.20

Cod MOD	Cod Transporte	Frecuencia	Asc-Desc		Universo de encuestas		Encuestas A realizar		Encuestas obtenidas		Factores Exp	
		veh/hr	Ida	Regreso	Ida	Regreso	Ida	Regreso	Ida	Regreso	Ida	Regreso
72	R-NGA	6	22	20	132	120	9	8	17	19	7.76	6.32
73	R-NGA	6	77	75	462	450	32	32	17	19	27.18	23.68
74	R-NGA	6	93	94	558	564	39	39	17	19	32.82	29.68
75	R-NGA	6	89	87	534	522	37	37	17	19	31.41	27.47
76	R-33	4	45	46	180	184	13	13	14	12	12.86	15.33
77	R-33	4	75	74	300	296	21	21	10	12	30.00	24.67
78	R-33	4	69	69	276	276	19	19	10	13	27.60	21.23
79	R-10B	8	80	74	640	592	45	41	71	30	9.01	19.73
80	R-10B	8	113	113	904	904	63	63	70	30	12.91	30.13
81	RUTA 29	8	51	47	408	376	29	26	19	6	21.47	62.67
82	R-44	5	112	114	560	570	39	40	19	63	29.47	9.05
83	R-52	15	91	90	1365	1350	96	95	43	35	31.74	38.57
84	R-54A	4	69	63	276	252	19	18	15	11	18.40	22.91
85	R-61 A	10	81	80	810	800	57	56	61	39	13.28	20.51
86	R-65	5	86	88	430	440	30	31	39	45	11.03	9.78
87	R-65	5	62	59	310	295	22	21	39	52	7.95	5.67
88	R-68	6	93	88	558	528	39	37	91	59	6.13	8.95
89	R-68	6	85	87	510	522	36	37	77	48	6.62	10.88
90	R-68	5	60	61	300	305	21	21	10	15	30.00	20.33
91	R-68	5	94	95	470	475	33	33	127	107	3.70	4.44
92	R- DIRECTO XOLULA	4	103	106	412	424	29	30	14	11	29.43	38.55
93	R- DIRECTO XOLULA	4	116	122	464	488	32	34	20	16	23.20	30.50
94	R- DIRECTO XOLULA	4	142	142	568	568	40	40	23	16	24.70	35.50
95	R-M17	7	125	126	875	882	61	62	97	54	9.02	16.33
96	R-M17	7	110	115	770	805	54	56	45	30	17.11	26.83
97	R-M17	8	81	85	648	680	45	48	37	62	17.51	10.97
98	R- MALACATEPEC	10	62	60	620	600	43	42	77	54	8.05	11.11
99	R-S3	12	74	74	888	888	62	62	167	134	5.32	6.63
100	R-S11	15	52	54	780	810	55	57	53	56	14.72	14.46
101	R-UTP	18	95	81	1710	1458	120	102	20	20	85.50	72.90
102	R-ENLACE 2010	3	108	109	324	327	23	23	58	37	5.59	8.84
103	R-ENLACE 2010	3	100	100	300	300	21	21	71	49	4.23	6.12
104	R-REMANENTE 1	8	145	135	1160	1080	81	76	99	112	11.72	9.64
105	R-REMANENTE 1	5	115	115	575	575	40	40	56	44	10.27	13.07
106	R-44	4	125	125	500	500	35	35	61	45	8.20	11.11
107	R-S12	6	57	52	342	312	24	22	23	18	14.87	17.33
108	R-S12	6	54	51	324	306	23	21	20	15	16.20	20.40
109	R-S16	4	43	45	172	180	12	13	25	19	6.88	9.47
110	R-S16	4	46	45	184	180	13	13	25	15	7.36	12.00
111	R-S16	3	26	23	78	69	5	5	25	15	3.12	4.60
112	R-M21	6	50	47	300	282	21	20	60	91	5.00	3.10
113	R-M21	6	54	49	324	294	23	21	20	28	16.20	10.50
114	R-M21	6	52	51	312	306	22	21	54	46	5.78	6.65
115	R-M21	5	31	32	155	160	11	11	13	12	11.92	13.33
116	R-12	11	95	91	1045	1001	73	70	11	9	95.00	111.22
117	R-50	13	116	120	1508	1560	106	109	80	49	18.85	31.84

Cod MOD	Cod Transporte	Frecuencia	Asc-Desc		Universo de encuestas		Encuestas A realizar		Encuestas obtenidas		Factores Exp	
		veh/hr	Ida	Regreso	Ida	Regreso	Ida	Regreso	Ida	Regreso	Ida	Regreso
118	R-46	10	62	61	620	610	43	43	31	49	20.00	12.45
119	R-70	6	45	38	270	228	19	16	39	37	6.92	6.16
120	R-70	6	41	40	246	240	17	17	135	140	1.82	1.71
121	R-M22	6	80	81	480	486	34	34	34	39	14.12	12.46
122	R.M28	9	78	77	702	693	49	49	40	33	17.55	21.00
123	R.M28	10	109	108	1090	1080	76	76	40	33	27.25	32.73
124	R-S19	8	111	107	888	856	62	60	26	24	34.15	35.67
125	R-S19	8	113	112	904	896	63	63	26	24	34.77	37.33
126	R-S25	9	70	69	630	621	44	43	15	10	42.00	62.10
127	R-S25	9	66	63	594	567	42	40	16	9	37.13	63.00
128	R-S25	10	64	64	640	640	45	45	82	69	7.80	9.28
129	R-S25	9	62	62	558	558	39	39	75	80	7.44	6.98
130	R-S25	9	68	67	612	603	43	42	14	11	43.71	54.82
131	R-S25	10	64	61	640	610	45	43	15	10	42.67	61.00
132	R- FABRICAS XONACA	3	26	23	78	69	5	5	28	37	2.79	1.86
133	R-CORDINADOS DE SAN JERONIMO	10	80	78	800	780	56	55	133	108	6.02	7.22
134	R-86	8	139	136	1112	1088	78	76	60	65	18.53	16.74
135	R-S14A	9	82	85	738	765	52	54	46	21	16.04	36.43
136	R-S14A	10	62	61	620	610	43	43	26	25	23.85	24.40
137	R-23	8	61	61	488	488	34	34	37	39	13.19	12.51
138	R-67	13	90	87	1170	1131	82	79	39	11	30.00	102.82
139	R-M7	3	50	49	150	147	11	10	10	16	15.00	9.19
140	R-M7	3	53	59	159	177	11	12	20	32	7.95	5.53
141	R-M6B	3	40	40	120	120	8	8	18	21	6.67	5.71
142	R-M6A	5	57	57	285	285	20	20	14	26	20.36	10.96
143	R-26	22	43	43	946	946	66	66	50	48	18.92	19.71
144	R-26A (ROJOS)	10	54	54	540	540	38	38	16	20	33.75	27.00
145	R-26A (ROJOS)	11	12	12	132	132	9	9	16	19	8.25	6.95
146	R-64A	7	71	67	497	469	35	33	9	4	55.22	117.25
147	R-64A	8	72	69	576	552	40	39	9	3	64.00	184.00
148	R-23A	5	39	36	195	180	14	13	9	16	21.67	11.25
149	R-23A	5	34	35	170	175	12	12	25	65	6.80	2.69
150	R-23A	6	38	37	228	222	16	16	35	38	6.51	5.84
151	R-JBS	3	87	82	261	246	18	17	27	22	9.67	11.18
152	R-JBS	3	149	142	447	426	31	30	28	23	15.96	18.52
153	R-JBS	3	148	156	444	468	31	33	27	23	16.44	20.35
154	R-PIRAMIDES	5	52	51	260	255	18	18	32	18	8.13	14.17
155	R-41	4	74	75	296	300	21	21	16	20	18.50	15.00
156	R-41	4	67	70	268	280	19	20	20	17	13.40	16.47
157	R-64B	12	45	44	540	528	38	37	24	16	22.50	33.00
158	R-64B	12	42	40	504	480	35	34	24	16	21.00	30.00
159	R64C	10	43	42	430	420	30	29	134	120	3.21	3.50
160	R-25 NVE	3	58	60	174	180	12	13	49	33	3.55	5.45
161	R-25 NVE	5	90	90	450	450	32	32	52	45	8.65	10.00
162	R-25 NVE	4	106	109	424	436	30	31	76	49	5.58	8.90

Cod MOD	Cod Transporte	Frecuencia	Asc-Desc		Universo de encuestas		Encuestas A realizar		Encuestas obtenidas		Factores Exp	
		veh/hr	Ida	Regreso	Ida	Regreso	Ida	Regreso	Ida	Regreso	Ida	Regreso
163	R-25 NVE	5	111	106	555	530	39	37	28	47	19.82	11.28
164	R-25 NVE	2	41	40	82	80	6	6	48	32	1.71	2.50
165	Línea 1	5107	2554	2554	2554	2554			416	308	6.14	8.29
166	Línea 2	8219	4110	4110	4110	4110			616	309	6.67	13.30
167	Línea 3	4004	2002	2002	2002	2002			249	247	8.04	8.11
168	Línea 4	568	284	284	284	284			273	239	1.04	1.19

Fuente: Elaboración propia

Análisis general de resultados de la encuesta origen y destino a ciclistas

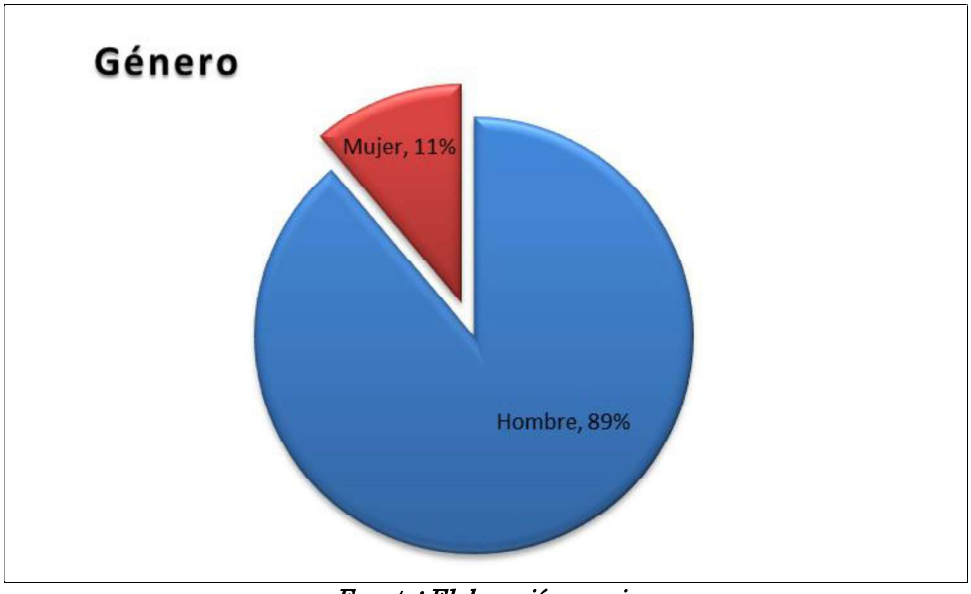
A continuación, se presentan a nivel general los resultados de la encuesta para las preguntas relacionadas con las características asociadas al usuario y a las características de viaje de los ciclistas entrevistado.

Tipo de género de los usuarios entrevistados

En el mismo formato de la encuesta de origen y destino de los usuarios ciclistas se identificaron otros aspectos, como el género, regularidad, tiempos de viaje, motivo y razone por la cual deja de utilizar la bicicleta como modo de transporte; a continuación, los resultados

- El 89% de los usuarios ciclistas eran del sexo masculino

Figura 74. Género de los usuarios ciclistas

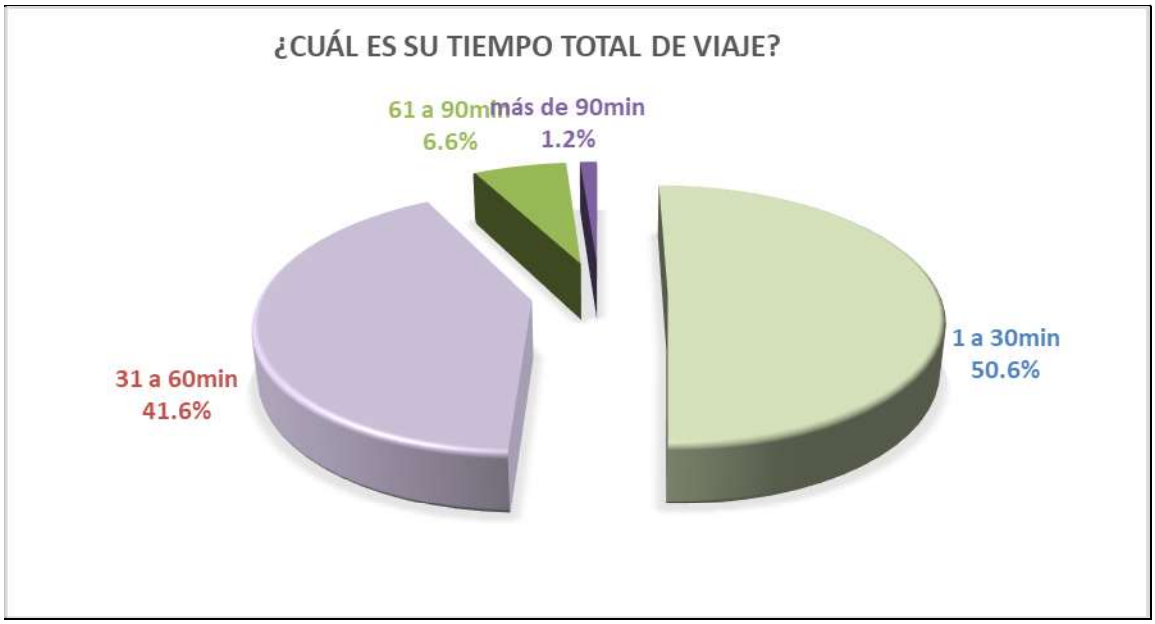


Fuente: Elaboración propia

Pregunta: ¿Cuál es su tiempo total de viaje?

La duración de los viajes entre 1 y 30 minutos y los de entre 31 y 60 minutos tienen una participación similar, del 50.6% y del 41.6%, respectivamente. Los viajes con rango de duración de más de 60 minutos tienen una participación reducida, de 6.6%. La duración promedio de viaje es de 32.5minutos. En general se utiliza el modo de la bicicleta para viaje cortos de alrededor de 30 minutos.

Figura 75. Tiempo de viaje del usuario ciclista

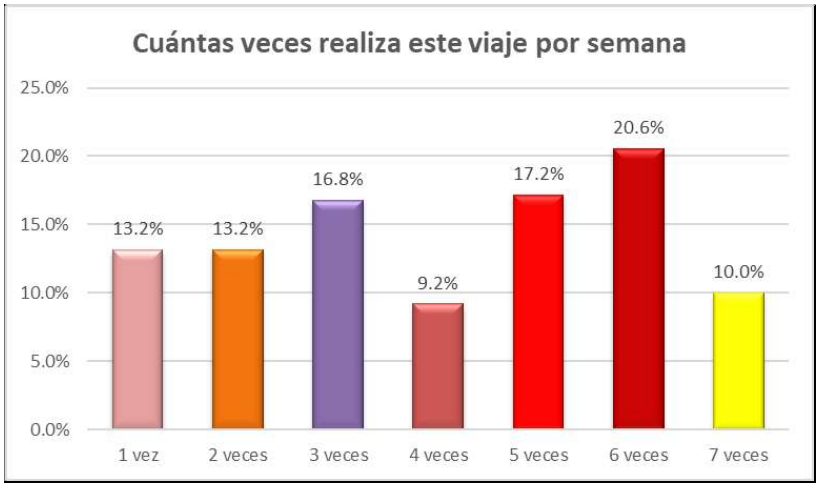


Fuente: Elaboración propia

Pregunta: ¿Con qué frecuencia realiza este viaje por semana?

El mayor porcentaje de los viajes, el 37.8%, tienen una frecuencia de 5 a 6 veces por semana, lo que indica una alta cotidianidad. Los viajes con menores frecuencias, de 4 y 7 a la semana, son significativamente menores, de entre 9.2 y 10%. En promedio, la población de la ZMPU realiza 4 viajes en promedio a la semana.

Figura 76. Frecuencia de viaje



Fuente: Elaboración propia

Pregunta: ¿Con que motivo realiza este viaje?

Sobresalen los viajes de trabajo, con más del 57%, y de trabajo con el 11.8%. Los viajes relacionados con estudios y diversión tienen porcentajes reducidos, de 1.8% y 7.0%, respectivamente. Los viajes con otros motivos, no identificados, representan el 13.0%.

Figura 77. Motivo de viaje

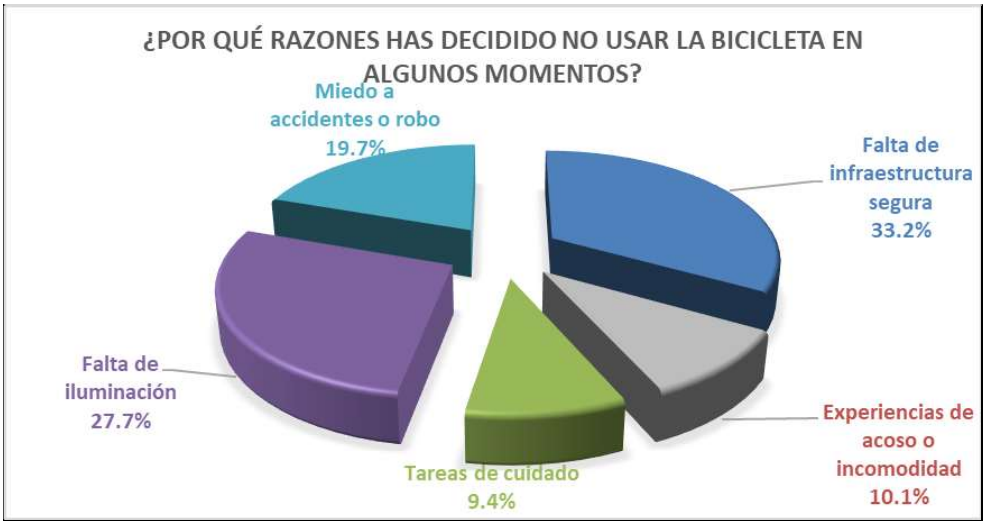


Fuente: Elaboración propia

Pregunta: ¿Por qué razones has decidido no usar la bicicleta en algunos momentos?

Los principales motivos por no utilizar con regularidad el modo de la bicicleta es el de la falta de infraestructura y de iluminación con 33.2% y 27.7, respectivamente, seguido de la falta de seguridad por accidentes y robo con el 19.7%. Existe en porcentaje más bajo, no menos importante el acoso y incomodidad se surge este tipo de usuario con 10.1.

Figura 78. Razones de no utilización de la bicicleta

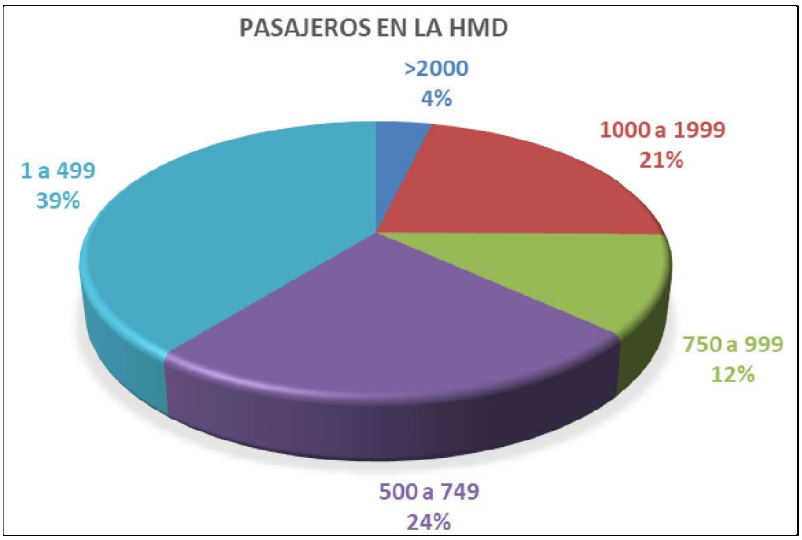


Fuente: Elaboración propia

7.2.2 Demanda movilizada en las rutas

A partir de los estudios de Ascenso – Descenso, se estimó la cantidad de pasajeros movilizados en la ZMPU por las rutas de transporte público en la HDM en ambos sentidos de circulación. Durante este período, la ruta que más usuarios moviliza en ambos sentidos, llega a 3,096 pasajeros mientras que la menos cargada transporta tan sólo 76. La Figura muestra el porcentaje de rutas en cada rango de demanda. Se puede ver que casi tres cuartas partes de las rutas (103 rutas) transportan menos de 750 pasajeros en la hora pico, signo del alto grado de atomización del servicio. También se pudo encontrar que pocas rutas concentran la demanda. Por ejemplo, el 64% de la demanda es transportada por el 37% de las rutas.

Figura 79. Porcentaje de rutas de transporte público por rangos de demanda



Fuente: Elaboración propia

Sumando la demanda de todas las rutas de transporte público, se obtiene la demanda en hora pico para la ZMPU. Es importante aclarar que este valor no tiene en cuenta el transporte del sistema de la Red Urbana de Transporte Articulado, sino solamente los transportados en el sistema de ruta convencional. Así, se tiene que en la ZMPU se hacen 123,304 viajes en transporte público en la Hora de Máxima Demanda (HDM) de la mañana de un día hábil típico. De este valor, el 53% se hacen en el sentido más cargado, es decir, desde la periferia hacia el centro de la ciudad, y el restante 47 % en el sentido contrario.

Tabla 54 Demanda de transporte público de ruta fija en la ZMPU durante la HDM de un día

Tipo de vehículo	Demanda HDM Sentido 1 (Pas)	Demanda HDM Sentido 2 (Pas)	Demanda HDM Total (Pas)	Porcentaje (%)
Autobús	3,288	4,302	7,590	6%
Microbús	28,465	26,791	55,256	45%
Combi/Van	27,798	32,660	60,458	49%
Total	59,551	63,753	123,304	100%

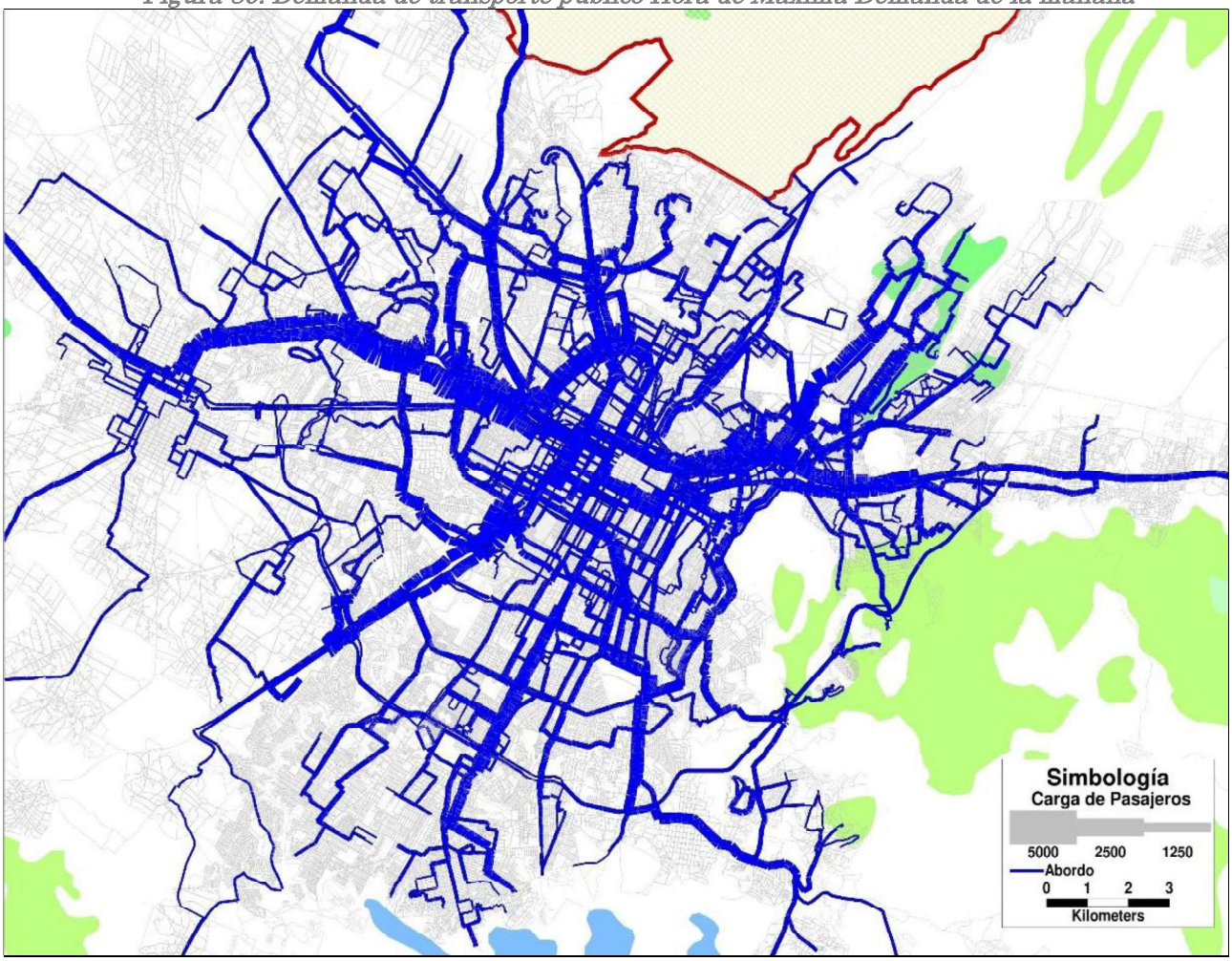
Fuente: Elaboración propia

Poco más de la mitad de los viajes son realizados en combi. Los microbuses siguen detrás con un 45% de la demanda y luego se encuentran los autobuses con un 6% del universo de viajes. Esta distribución es válida para toda la red de transporte público, es decir, ambos sentidos de circulación y exceptuando el sistema de RUTA. Esta distribución también aplica para la demanda del día completo. Como se explicará más adelante, el factor de expansión de HDM a día completo es uniforme para todos los modos.

La demanda, sin embargo, no es estacionaria. Es dinámica temporal y espacialmente. La evolución temporal ya se mostró anteriormente con los estudios de frecuencia y ocupación vehicular. La distribución espacial, por otro lado, se puede observar en la Figura siguiente.

Las cargas más altas se dan sobre el Bulevar Xonaca en sentido Oriente – Poniente a la altura de la 14 oriente, 4,370 pasajeros, Prolongación de la Reforma y Blvd. Esteban de Antuñano, con 4,050 pasajeros. Estos volúmenes mencionados consideran sólo el sistema convencional, ya que no está incluido en este análisis la demanda del sistema RUTA.

Figura 80. Demanda de transporte público Hora de Máxima Demanda de la mañana



Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó en el apartado del estudio de frecuencia ocupación, partir de las cargas registradas en la hora pico de la mañana en las estaciones de 16 horas, fue posible determinar el factor de hora pico para estimar los volúmenes de pasajeros por día. El factor determinado fue de 9.7, lo que implica que, el volumen de pasajeros diario movilizado se obtiene del producto de la carga del sistema en la hora pico de la mañana por 9.7. Así, la demanda de transporte público en el servicio convencional de la Zona Metropolitana de la ciudad de Puebla en un día hábil típico es de 1´196,000 usuarios.

La Tabla a continuación muestra la demanda para el sistema de transporte masivo de la Red Urbana de Transporte Articulado – RUTA, para un día hábil desagregada por línea y servicio.

Tabla 55 Validaciones del sistema RUTA (transporte masivo)

Línea	Tipo de servicio	Validaciones en día hábil	Validaciones mes de mayo 2025
Línea 1	Troncal	63,994	1,665,133
Línea 1	Alimentador	24,573	628,461
Línea 2	Troncal	103,822	2,827,506

Línea	Tipo de servicio	Validaciones en día hábil	Validaciones mes de mayo 2025
Línea 2	Alimentador	44,425	1,173,844
Línea 3	Troncal	65,459	1,857,641
Línea 3	Alimentador	14,129	394,026
Línea 4	Troncal	5,467	155,347
Línea 4	Integrador	3,872	104,070
	TOTAL	**325,741**	**8,806,028**

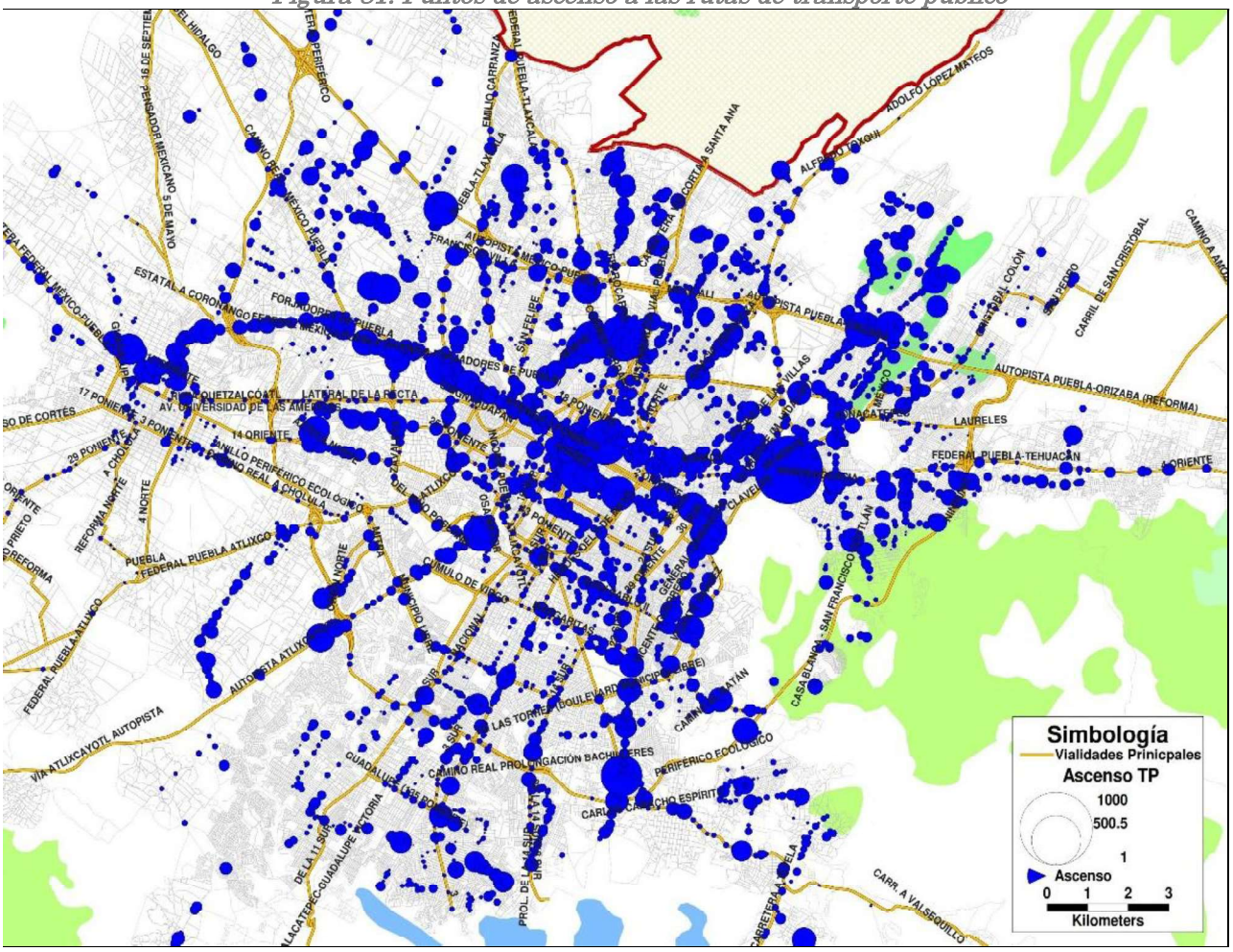
Fuente: CCP Carreteras de Cuota de Puebla

7.2.3 Puntos de parada

Aunque el transporte público en Puebla, y gran parte de la República, no opera en paradas fijas definidas, sí es posible detectar los puntos donde los usuarios demandan más o menos servicios. Estos puntos son importantes en la medida que definen las zonas generadoras y atractoras de viajes, así como puntos naturales de transferencia.

La Figura a continuación, representa la magnitud de los ascensos en los puntos de parada en la ZMPU. Es de notar que la mayor cantidad de ascensos ocurre en las zonas periféricas como Unidad Satélite Magisterial, Colonia Cleotilde de Torres por la CAPU; y por las colonias cercanas al Blvd. Forjadores. Adicionalmente, el centro de la ciudad de Puebla en una zona de atracción y generación de viajes, así como de transbordo entre rutas

Figura 81. Puntos de ascenso a las rutas de transporte público



Fuente: Elaboración propia

La Tabla muestra las 20 principales paradas del sistema en términos de ascensos. En estos puntos, que representan tan sólo el 4.5% de todo el inventario de paradas, ocurren casi el 5.1% de los ascensos, lo que indica una distribución homogenea de los ascensos en las paradas.

Tabla 56 Paradas más importantes en afluencia de ascensos a paradas

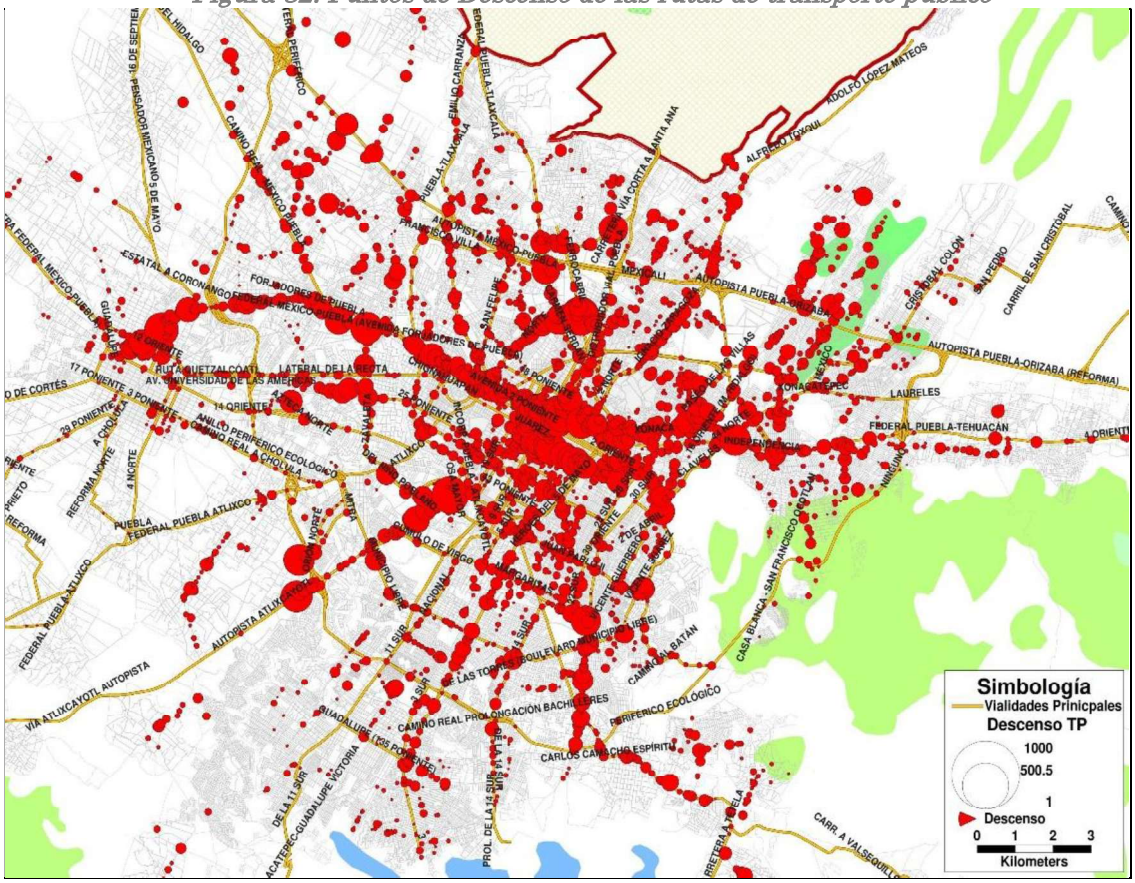
Parada	Ascensos HDM
16 Oriente (Blvd. Xonaca) - Demócrito	897
Norte (Héroes del 5 de Mayo) - Héroe de Nacozari	463
10 Poniente - 7 Norte	431
Sur 24 (José María Lafragua) - Las Flores	362
11 Poniente - 9 Sur	332
Estación Central - Central Revolución	315
Carr. La Resurrección - 106 Oriente	293
Norte - CAPU	292
Blvd. Atlixcáyotl - Niño Poblano - Priv. De las Ramblas	279
Prol. De la Reforma - 9 Sur	279
Obreros Independientes Norte - Lateral Autopista México-Puebla	272

Parada	Ascensos HDM
Ciudad Militar - Pino Suárez	266
11 Poniente - 4 Sur	259
Norte - U.H. Prof. Jorge Murad (Plaza Los Gallos junto a CAPU)	236
23 Norte - Carmen Serdán	233
14 Poniente - Independencia	220
Herradura - Acueducto Manzanilla	210
28 Norte - 2 Oriente	203
Carmen Serdán - 5 de Febrero	203
Moctezuma - Los Álamos y Xalatla	198

Fuente: Elaboración propia

La Figura representa la magnitud de los descensos en los puntos de parada en la zona de estudio. En este caso, el Blvd. Zavaleta, Prol. Reforma, Blvd. Xonaca, 14 oriente, aparece como un importante destino; así como la zona colindante de la central de autobuses de Puebla CAPU. Si bien la zona tiene mucha actividad habitacional, también se mezclan servicios, trabajos y escuelas. El centro de la ciudad de Puebla es también un destino importante.

Figura 82. Puntos de Descenso de las rutas de transporte público



Fuente: Elaboración propia

La Tabla muestra las 20 principales paradas del sistema en términos de descensos. En estos puntos, que representan tan sólo el 4.5% de todo el inventario de paradas, ocurren más del 4.2% de los descensos, lo que indica una dostribución homogenea de los descensos en las paradas.

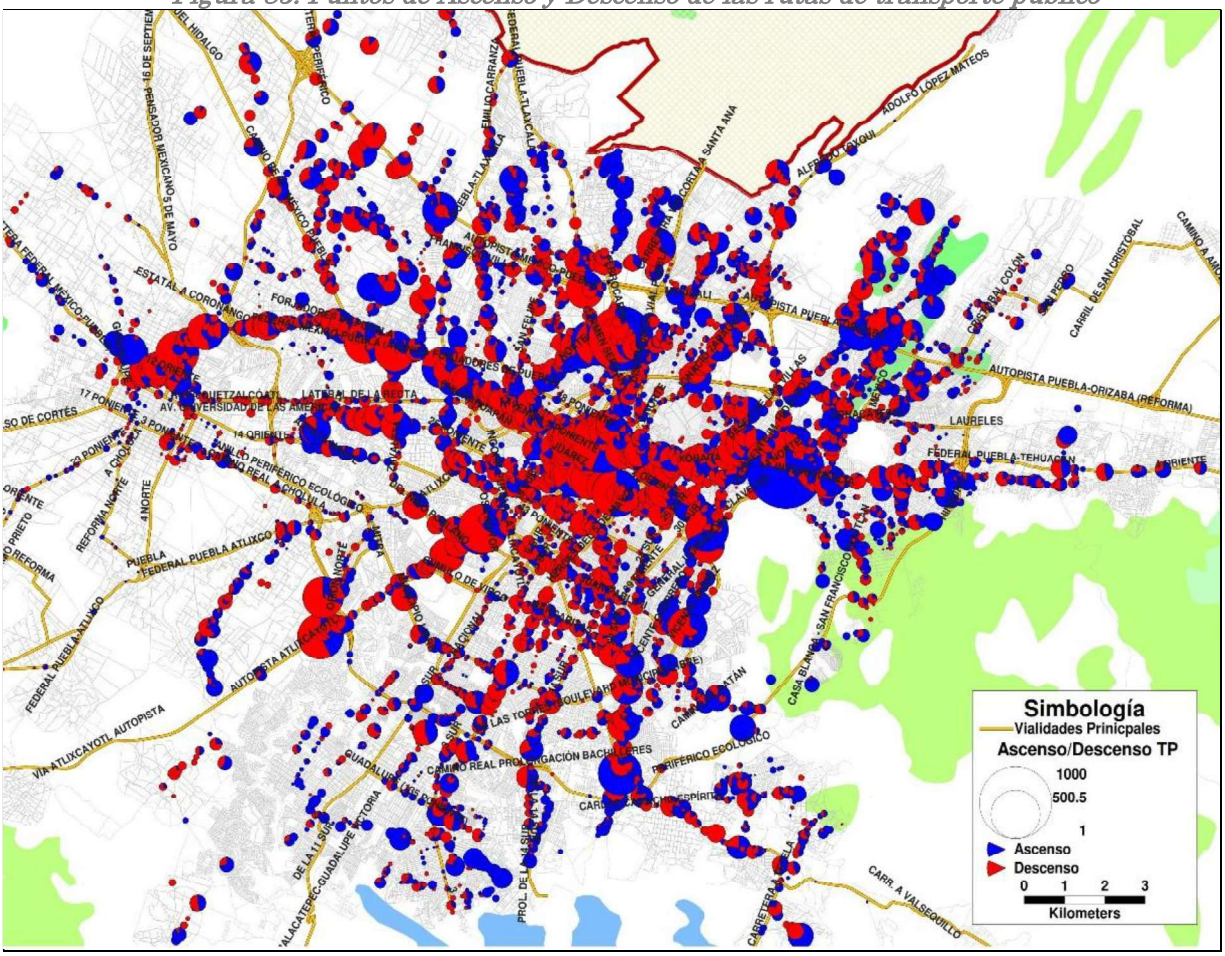
Tabla 57 Paradas más importantes en afluencia de descensos a paradas

Parada	Descensos HDM
Norte (Héroes del 5 de Mayo) - Héroe de Nacozari	357
10 Poniente - 7 Norte	338
Norte (Héroes del 5 de Mayo) - Héroe de Nacozari	336
Blvd. Atlixcáyotl - Privada de las Ramblas (Plaza CIS)	332
2 Norte - 22 Oriente	286
2 Poniente - 15 Norte	271
Blvd. Forjadores de Puebla - Orizaba	260
Blvd. Atlixcáyotl - Blvd. Los Reyes	256
6 Sur - 11 Poniente	255
4 Poniente - 5 Norte	254
Puente Blvd. Luna - Periférico Ecológico	249
16 Oriente (Blvd. Xonaca) - Demócrito	242
5 de Mayo - 10 Poniente	242
14 Oriente - Héroes del 5 de Mayo	232
San Claudio - Río Sabinas	226
11 Poniente - 4 Sur	220
A San Pablo del Monte (Calz. Del Conde) - Interior Norte A (Central Abastos)	217
10 Poniente - 9 Norte	210
Carmen Serdán - 5 de Febrero	208
32 Norte - Reforma	206

Fuente: Elaboración propia

La Figura representa la magnitud de los ascensos y descensos en los puntos de parada en la ZMPU. Como se anotó anteriormente, algunas zonas de la ciudad son más generadoras y otras más atractoras de viajes. Hay, sin embargo, casos especiales donde las magnitudes de ambos movimientos son similares. Esto puede darse porque la zona tiene ambas propiedades o porque estos puntos son conocidos como zonas de transferencia entre rutas y modos. En este último grupo se pueden destacar de nuevo la Unidad Satélite Magisterial, Colonia Cleotilde de Torres por la CAPU; y por las colonias colindantes al Blvd. Forjadores y de mayor importancia se observa la zona centro de la ciudad de Puebla con zona de atracción, generación y transbordos.

Figura 83. Puntos de Ascenso y Descenso de las rutas de transporte público



Fuente: Elaboración propia

La Tabla siguiente muestra las 40 principales paradas del sistema en términos de ascensos y descensos. En estos puntos, que representan tan sólo el 2.2% de todo el inventario de paradas, ocurren el 9.3% de los movimientos.

Tabla 58 Paradas más importantes en términos de ascensos y descensos a paradas

Parada	Movimientos HDM
16 Oriente (Blvd. Xonaca) - Demócrito	897
Norte (Héroes del 5 de Mayo) - Héroe de Nacozari	463
10 Poniente - 7 Norte	431
Sur 24 (José María Lafragua) - Las Flores	362
Norte (Héroes del 5 de Mayo) - Héroe de Nacozari	357
10 Poniente - 7 Norte	338
Norte (Héroes del 5 de Mayo) - Héroe de Nacozari	336
11 Poniente - 9 Sur	332
Blvd. Atlixcáyotl - Privada de las Ramblas (Plaza CIS)	332
Estación Central - Central Revolución	315
Carr. La Resurrección - 106 Oriente	293

Parada	Movimientos HDM
Norte - CAPU	292
2 Norte - 22 Oriente	286
Blvd. Atlixcáyotl - Niño Poblano - Priv. De las Ramblas	279
Pról. De la Reforma - 9 Sur	279
Obreros Independientes Norte - Lateral Aut. México-Puebla	272
2 Poniente - 15 Norte	271
Ciudad Militar - Pino Suárez	266
Blvd. Forjadores de Puebla - Orizaba	260
11 Poniente - 4 Sur	259
Blvd. Atlixcáyotl - Blvd. Los Reyes	256
6 Sur - 11 Poniente	255
4 Poniente - 5 Norte	254
Puente Blvd. Luna - Periférico Ecológico	249
16 Oriente (Blvd. Xonaca) - Demócrito	242
5 de Mayo - 10 Poniente	242
Norte - U.H. Prof. Jorge Murad (Plaza Los Gallos junto a CAPU)	236
23 Norte - Carmen Serdán	233
14 Oriente - Héroes del 5 de Mayo	232
San Claudio - Río Sabinas	226
14 Poniente - Independencia	220
11 Poniente - 4 Sur	220
A San Pablo del Monte (Calz. Del Conde) - Interior Norte A (Central Abastos)	217
10 Poniente - 9 Norte	210
Herradura - Acueducto Manzanilla	210
Carmen Serdán - 5 de Febrero	208
32 Norte - Reforma	206
28 Norte - 2 Oriente	203
Carmen Serdán - 5 de Febrero	203
Moctezuma - Los Álamos y Xalatla	198

Fuente: Elaboración propia

7.2.4 Cobertura Geográfica y Zonificación

Para obtener un patrón de viajes representativo de la población que reside en la ZMPU, la encuesta de origen y destino a bordo de las unidades del servicio de transporte público cubrió todas las rutas existentes en la zona objeto de estudio. Como se mencionó anteriormente, la zonificación del área se hizo en base a las Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB) definidas por el INEGI[1]. A continuación, se presentan las condiciones del proceso:

- La zonificación se formó por los AGEBs definidos por el INEGI.

[1] El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) genera estas unidades geográficas como referencia para la presentación de información socioeconómica del territorio nacional.

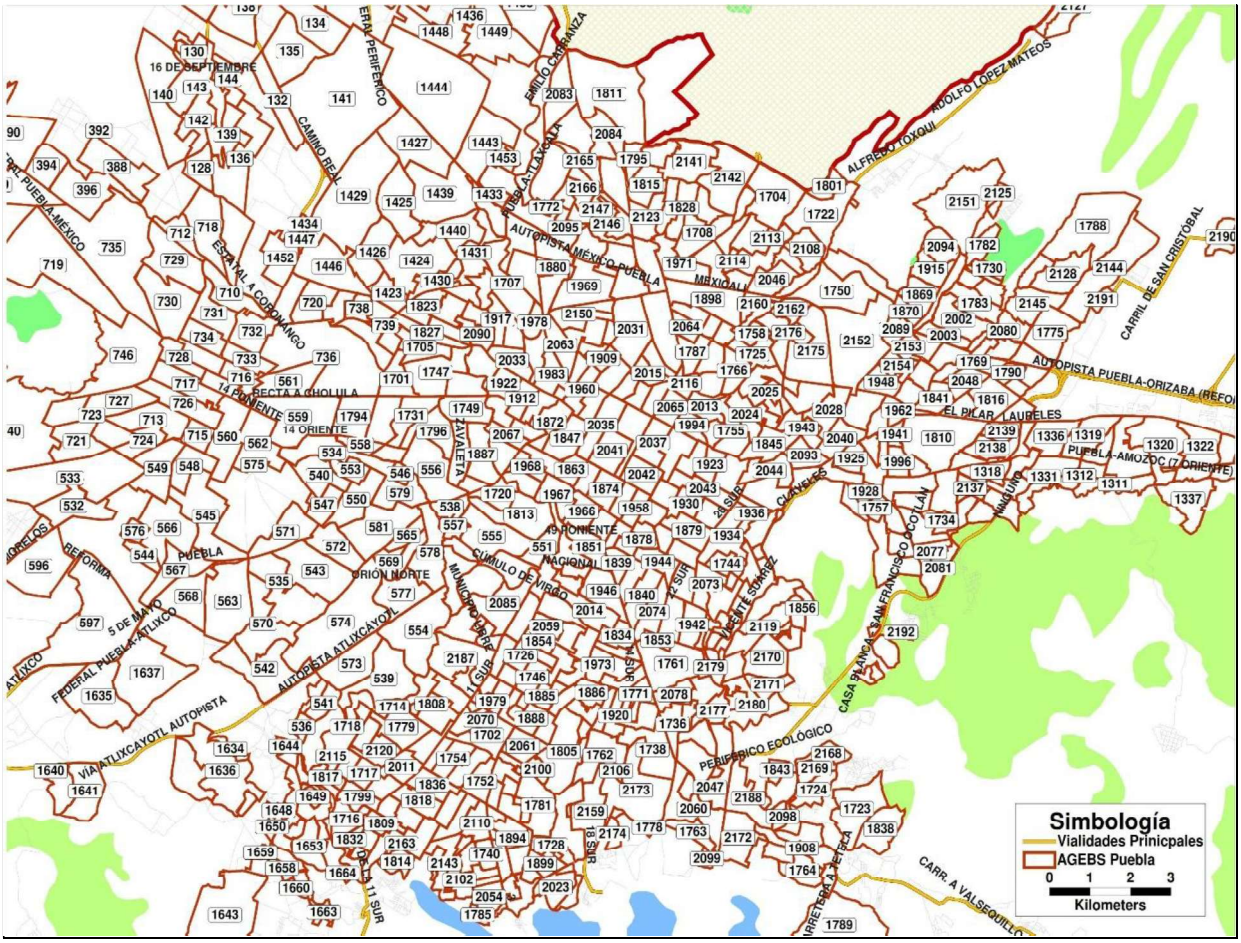
- Las bases para ésta fueron el marco geoestadístico del INEGI; los datos de la población por AGEB según los resultados del censo de población y vivienda 2020, datos socioeconómicos a nivel AGEB de la zona de estudio y la conformación de la misma.

Figura 84. Zonificación de AGEBS de la ZMPU



Fuente: Elaboración propia

Figura 85. Zonificación de AGEBS de la ZMPU con la red Vial



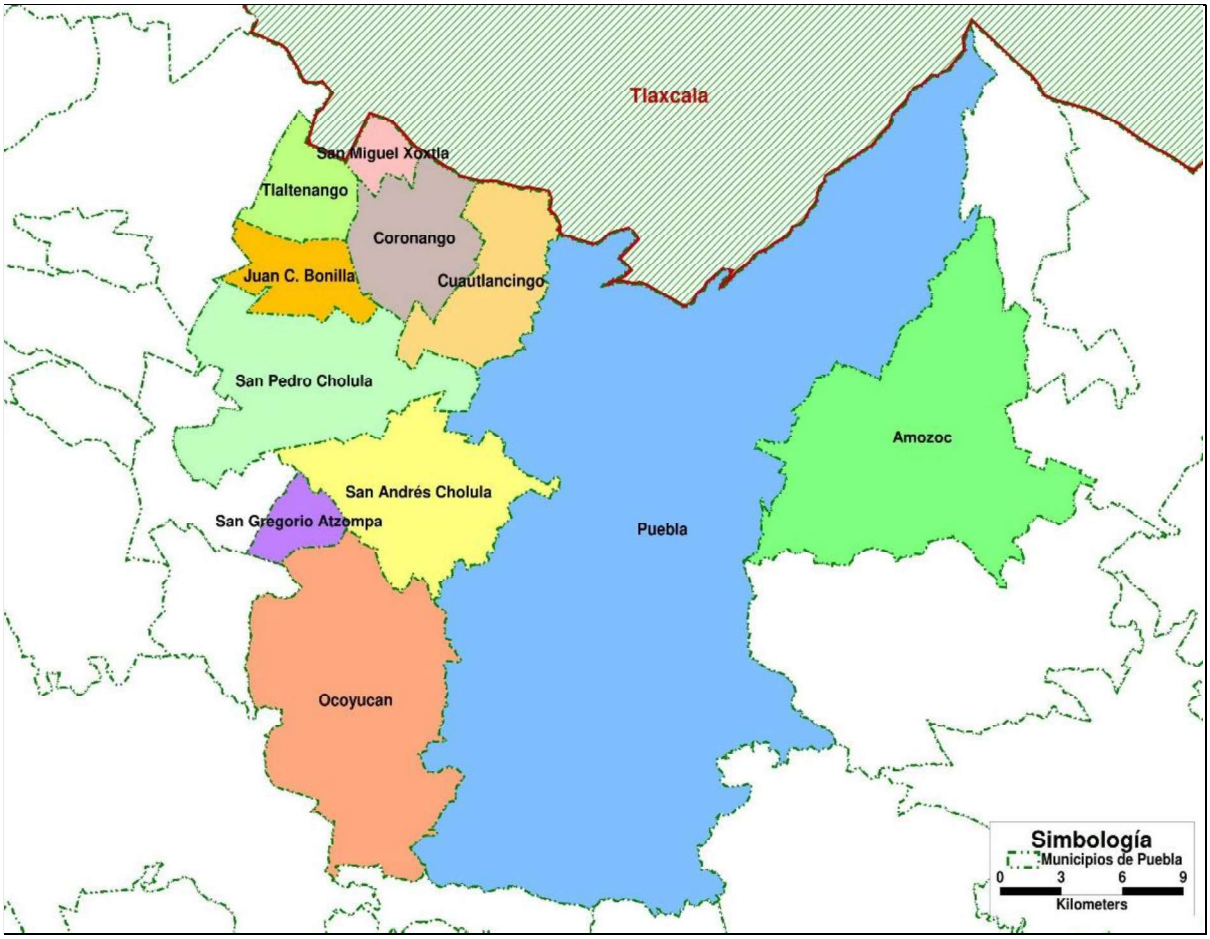
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, la zonificación abarca los diversos sectores urbanos de la ZMPU. Específicamente los 11 municipios que contempla la zona metropolitana que son:

- Puebla
- Amozoc
- Ocoyucan
- San Gregorio Atzompa
- San Andrés Cholula
- San Pedro Cholula
- Juan C. Bonilla
- Cuautlancingo
- Coronango
- Tlaltenango, y
- San Miguel Xoxtla

En la figura a continuación se presenta gráficamente los 11 municipio que contempla la zona metropolitana de Puebla – ZMPU.

Figura 86. Zonificación de AGEBS de la ZMPU con la red Vial



Fuente: Elaboración propia

7.2.5 Líneas de deseo

7.2.5.1 Encuesta Origen Destino a bordo de unidades de transporte público

Uno de los resultados más relevantes de la encuesta OD abordo es la identificación específica de los lugares donde se generan los viajes y donde son atraídos. A partir de su análisis es posible explicar las necesidades específicas de movilidad de población en contraste con la oferta y disponibilidad de los servicios actuales.

Se identificó una matriz compuesta por 829 orígenes x 736 destinos a partir de los cuales se estructura la movilidad de la población usuaria de los servicios de transporte público en la ZMPU. Esta movilidad se cuantifica en 182,914 viajes en la hora de máxima demanda.

A continuación, se presentan los resultados relevantes de la encuesta OD a bordo del servicio de transporte público..

Orígenes

Los 829 orígenes tienen un rango de 1 hasta 13,122 viajes generados. Al hacer una jerarquización, se obtuvo que 50 (el 6%) concentraron el 26% de los viajes generados.

En la Tabla se muestran las cincuenta principales zonas generadoras de viajes (6% de las zonas), las cuales concentran el 26% de la generación total de viajes en la ZMPU. El rango de volumen de viajes de estas zonas va de 295 a 6,071.

Tabla 59 Principales zonas generadoras de viajes de la encuesta OD a bordo de transporte público

ID	Zona Origen	Viajes	Participación %	% Acumulado
155	PUEBLA CENTRO	6,071	3.32%	3.32%
359	LA LIBERTAD	3,402	1.86%	5.18%
1116	SAN BERNARDINO TLAXCALANCINGO	1,956	1.07%	6.25%
994	BOSQUES DE SAN SEBASTIAN	1,785	0.98%	7.22%
100	SAN MIGUEL CUENTLA	1,136	0.62%	7.85%
99	16 DE SEPTIEMBRE	1,449	0.79%	8.64%
1045	SAN FRANCISCO TOTIMEHUACAN	1,273	0.70%	9.33%
334	IGNACIO ROMERO VARGAS	1,438	0.79%	10.12%
866	SAN BALTAZAR CAMPECHE	1,185	0.65%	10.77%
415	LA PAZ	1,138	0.62%	11.39%
537	XONACA	875	0.48%	11.87%
223	LA PRADERA 2DA SECC	824	0.45%	12.32%
251	SANTA MARIA	595	0.33%	12.64%
392	ARCOS SANTA CRUZ	1,347	0.74%	13.38%
411	REFORMA SUR	942	0.51%	13.90%
889	JARDINES DE SAN MANUEL	696	0.38%	14.28%
439	GEO VILLAS LA HACIENDA	695	0.38%	14.66%
1006	CASA BLANCA	1,101	0.60%	15.26%
375	AQUILES SERDAN	659	0.36%	15.62%
289	SAN JERONIMO CALERAS	869	0.48%	16.09%
103	SAN JUAN CUAUTLANCINGO	817	0.45%	16.54%
557	INFONAVIT AMALUCAN	554	0.30%	16.84%
1176	SAN MIGUEL	757	0.41%	17.26%
1198	SANTIAGO MOMOXPAN	968	0.53%	17.79%
220	SAN FELIPE HUEYOTLIPAN	539	0.29%	18.08%
924	LOS HEROES	675	0.37%	18.45%
496	LA LOMA NTE	357	0.20%	18.64%
970	LA RESURRECCION	656	0.36%	19.00%

ID	Zona Origen	Viajes	Participación %	% Acumulado
871	INFONAVIT LAS MARGARITAS	673	0.37%	19.37%
1046	SAN BALTAZAR TETELA	853	0.47%	19.84%
552	BOSQUES DE MANZANILLA	545	0.30%	20.14%
3000	TLAXCALA	647	0.35%	20.49%
3011	HUEJOTZINGO	588	0.32%	20.81%
455	CONCEPCION LA CRUZ	764	0.42%	21.23%
968	BOSQUES DE SANTA ANITA	718	0.39%	21.62%
410	REFORMA	539	0.29%	21.92%
248	LAS HADAS	623	0.34%	22.26%
616	FRANCISCO JAVIER CLAVIJERO	461	0.25%	22.51%
1257	BARRIO SAN JUAN CALVARIO	705	0.39%	22.89%
1199	UNIDAD VILLA MANANTIALES	656	0.36%	23.25%
814	SANTA LUCIA	621	0.34%	23.59%
601	RESURGIMIENTO	584	0.32%	23.91%
124	SANTA MARIA ZACATEPEC	295	0.16%	24.07%
757	SAN RAMON 3RA SECC	535	0.29%	24.36%
993	MIGUEL HIDALGO	357	0.19%	24.56%
595	EL SALVADOR	564	0.31%	24.87%
1105	CHOLULA DE RIVADAVIA	648	0.35%	25.22%
95	SANCTORUM	439	0.24%	25.46%
746	INFONAVIT AGUA SANTA	434	0.24%	25.70%
63	SAN JUAN CUAUTLANCINGO	429	0.23%	25.93%

Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse, el centro de Puebla es una importante zona generadora de viajes. La zona centro de Puebla (concentra el 3.32% de los viajes generados), otras colonias de importancia de generación de viajes son La Libertad (al Poniente de la ciudad); San Bernardino Tlaxcalancingo (salida hacia Atlixco), Bosques de San Sebastián al oriente de la ciudad); San Miguel Cuentla; 16 de Septiembre; San Francisco Totimehuacán e Ignacio Romero Vargas.

Destinos

Respecto a los destinos, de los 736 identificados el rango de variación va de 1 hasta 29,417 viajes. Es de destacar que, al igual que en los orígenes, 50 de las zonas (el 7%) concentraron al 26% de la atracción total de viajes.

En el Tabla se muestran las 50 principales zonas atractoras de viajes, las cuales concentran al 25.9%, con un rango de variación del 307 a 10,851.

Tabla 60 Principales zonas atractoras de viajes de la encuesta OD a bordo de transporte público

ID	Zona Origen	Viajes	Participación %	% Acumulado
155	PUEBLA CENTRO	10,851	5.93%	5.93%
1116	SAN BERNARDINO TLAXCALANCINGO	2,964	1.62%	7.55%
1257	BARRIO SAN JUAN CALVARIO	2,328	1.27%	8.83%
100	SAN MIGUEL CUENTLA	2,183	1.19%	10.02%
359	LA LIBERTAD	1,880	1.03%	11.05%
223	LA PRADERA 2DA SECC	1,267	0.69%	11.74%
889	JARDINES DE SAN MANUEL	1,192	0.65%	12.39%
415	LA PAZ	1,114	0.61%	13.00%
994	BOSQUES DE SAN SEBASTIAN	1,109	0.61%	13.61%
439	GEO VILLAS LA HACIENDA	1,101	0.60%	14.21%
99	16 DE SEPTIEMBRE	989	0.54%	14.75%
1045	SAN FRANCISCO TOTIMEHUACAN	949	0.52%	15.27%
410	REFORMA	800	0.44%	15.70%
391	ZAVALETA	765	0.42%	16.12%
411	REFORMA SUR	761	0.42%	16.54%
103	SAN JUAN CUAUTLANCINGO	741	0.41%	16.94%
625	CENTRO COMERCIAL LAS ANIMAS	721	0.39%	17.34%
1270	FRACC LOS FRAILES	711	0.39%	17.73%
375	AQUILES SERDAN	710	0.39%	18.12%
392	ARCOS SANTA CRUZ	700	0.38%	18.50%
851	CENTRO COMERCIAL PLAZA DORADA	661	0.36%	18.86%
935	CIUDAD UNIVERSITARIA	654	0.36%	19.22%
537	XONACA	639	0.35%	19.57%
866	SAN BALTAZAR CAMPECHE	621	0.34%	19.91%
1198	SANTIAGO MOMOXPAN	579	0.32%	20.22%
334	IGNACIO ROMERO VARGAS	575	0.31%	20.54%
1234	INFONAVIT SANTIAGO CHOLULA	527	0.29%	20.83%
634	LOS VOLCANES	525	0.29%	21.11%
641	BARRIO DE SANTIAGO	521	0.28%	21.40%
1243	CERRITO DE GUADALUPE	508	0.28%	21.68%
208	CENTRAL DE ABASTOS	506	0.28%	21.95%
552	BOSQUES DE MANZANILLA	498	0.27%	22.22%
746	INFONAVIT AGUA SANTA	494	0.27%	22.49%
823	BARRIO EL ANALCO	470	0.26%	22.75%
248	LAS HADAS	453	0.25%	23.00%
871	INFONAVIT LAS MARGARITAS	453	0.25%	23.25%
496	LA LOMA NTE	434	0.24%	23.48%
658	CENTRO COMERCIAL PLAZA CRISTAL	423	0.23%	23.72%
123	SAN JUAN TLAUTLA	387	0.21%	23.93%

ID	Zona Origen	Viajes	Participación %	% Acumulado
544	BARRIO EL ALTO	378	0.21%	24.13%
852	EL CARMEN	360	0.20%	24.33%
251	SANTA MARIA	347	0.19%	24.52%
1203	LA CARCAÐA	347	0.19%	24.71%
250	PLAZA SAN PEDRO	335	0.18%	24.89%
594	LOMAS FLOR DEL BOSQUE	329	0.18%	25.07%
946	CONJUNTO HAB LA GUADALUPANA	323	0.18%	25.25%
633	LA NORIA	319	0.17%	25.42%
1105	CHOLULA DE RIVADAVIA	314	0.17%	25.60%
818	BALCONES DEL SUR	311	0.17%	25.77%
220	SAN FELIPE HUEYOTLIPAN	307	0.17%	25.93%

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en la generación de viajes, aunque en mayor medida, la zona centro de Puebla es un importante atractor de viajes. Sin embargo, en las zonas atractoras se observa una mayor dispersión, con una presencia importante de zonas como: San Bernardino Tlaxcalancingo, Barrio San Juan Calvario, San Miguel Cuentla, La Libertad y La Pradera 2daSecc.

Pares Origen-Destino

Para identificar las principales líneas de deseo, a continuación, se muestran grupos de pares origen-destino en función de la magnitud de los viajes generados.

En el primer grupo de los 15 principales pares origen y destino se encuentran los rangos de viajes mayores a 333 viajes, específicamente de entre 333 y 1084. En este grupo se identifican 15 pares, los cuales concentran en 4.5% de los viajes.

Tabla 61 Principales pares origen y destino a bordo de transporte público

Origen	Destino	Viajes	Participación %	% Acumulado
PUEBLA CENTRO	SAN BERNARDINO TLAXCALANCINGO	1084	0.59%	0.59%
ARCOS SANTA CRUZ	BARRIO SAN JUAN CALVARIO	887	0.48%	1.08%
BOSQUES DE SAN SEBASTIAN	PUEBLA CENTRO	874	0.48%	1.56%
CASA BLANCA	PUEBLA CENTRO	837	0.46%	2.01%
SAN BERNARDINO TLAXCALANCINGO	PUEBLA CENTRO	710	0.39%	2.40%
LA LIBERTAD	PUEBLA CENTRO	531	0.29%	2.69%
SANTIAGO MOMOXPAN	BARRIO SAN JUAN CALVARIO	424	0.23%	2.92%
16 DE SEPTIEMBRE	SAN MIGUEL CUENTLA	416	0.23%	3.15%
PUEBLA CENTRO	PUEBLA CENTRO	385	0.21%	3.36%

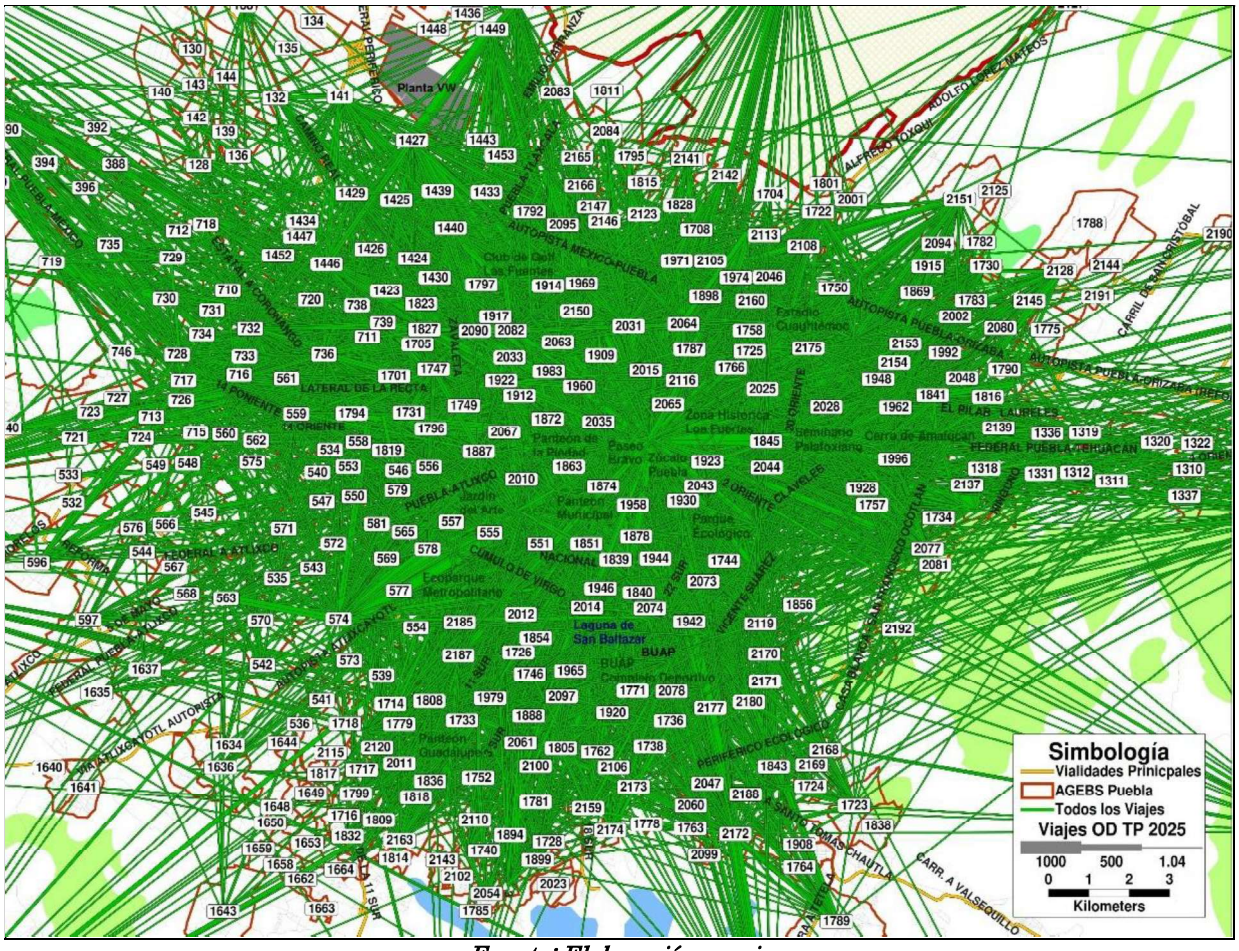
Origen	Destino	Viajes	Participación %	% Acumulado
SAN FRANCISCO TOTIMEHUACAN	PUEBLA CENTRO	372	0.20%	3.56%
PUEBLA CENTRO	SAN JUAN CUAUTLANCINGO	368	0.20%	3.77%
SAN BALTAZAR TETELA	PUEBLA CENTRO	339	0.19%	3.95%
BOSQUES DE MANZANILLA	PUEBLA CENTRO	338	0.18%	4.14%
BOSQUES DE SAN SEBASTIAN	BOSQUES DE SAN SEBASTIAN	336	0.18%	4.32%
XONACA	PUEBLA CENTRO	333	0.18%	4.50%

Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse, los principales pares se ubican dentro de la zona centro de Puebla y San Bernardino Tlaxcalancingo, Barrio San Juan Calvario, San Miguel Cuentla, San Juan Cuautlancingo, Bosques de San Sebastián Y 16 de Septiembre.

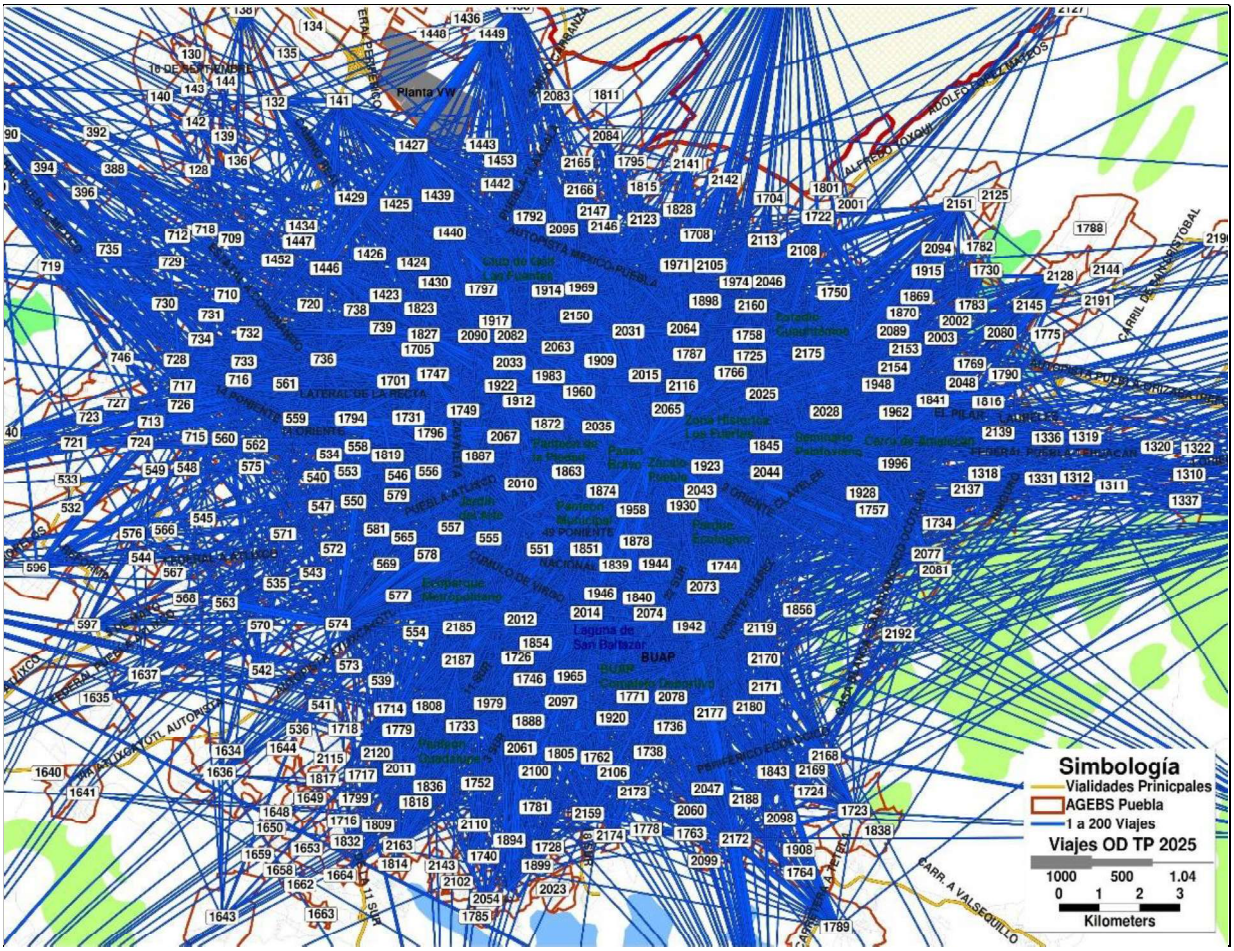
A continuación, se presenta de forma ilustrativas las principales líneas de deseo de viaje en diferentes rangos, los cuales serán descritas en el título de la figura.

Figura 87. Líneas de deseo para todos los viajes. Transporte público a bordo



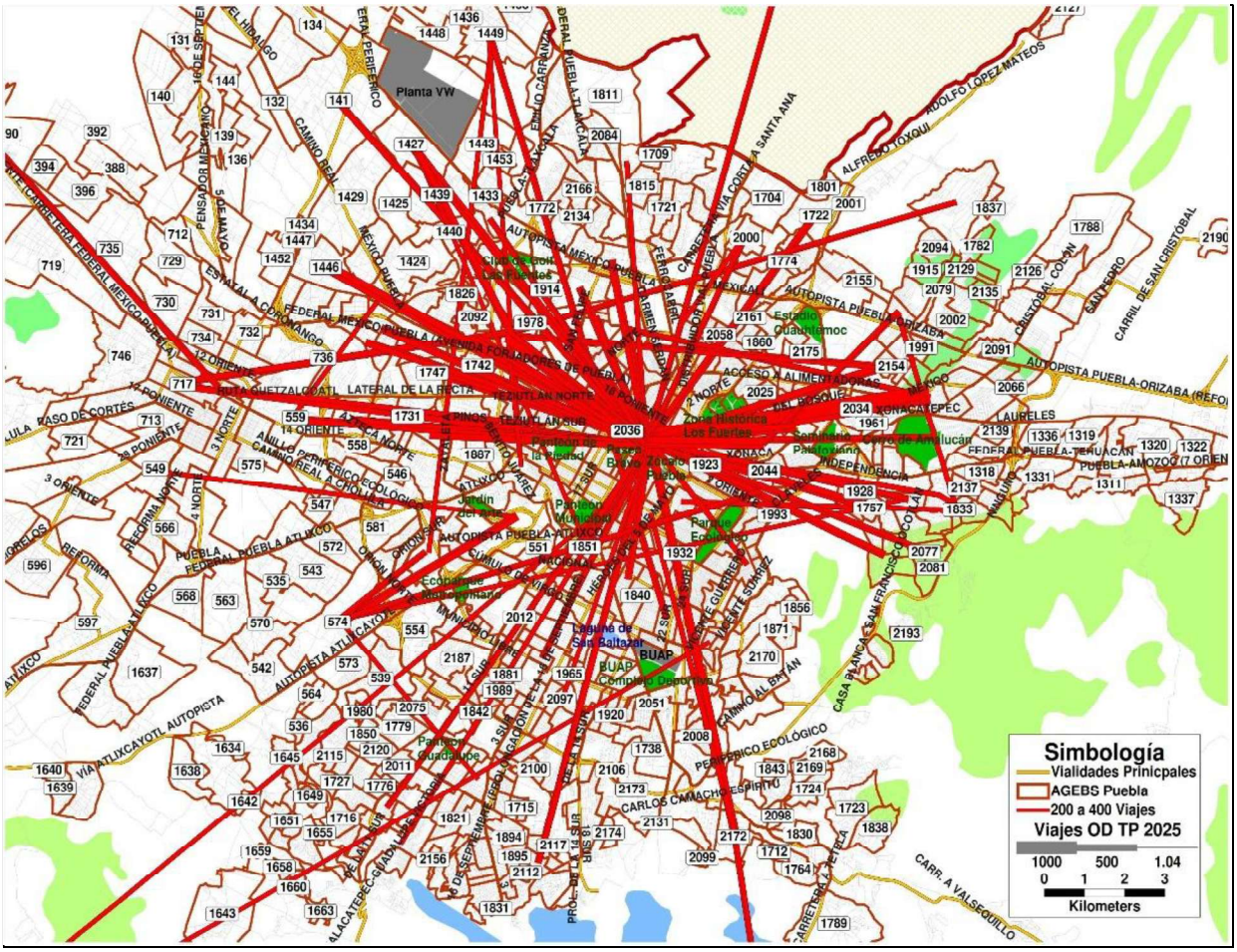
Fuente: Elaboración propia

Figura 88. Líneas de deseo para viajes de 1 a 200. Transporte público a bordo



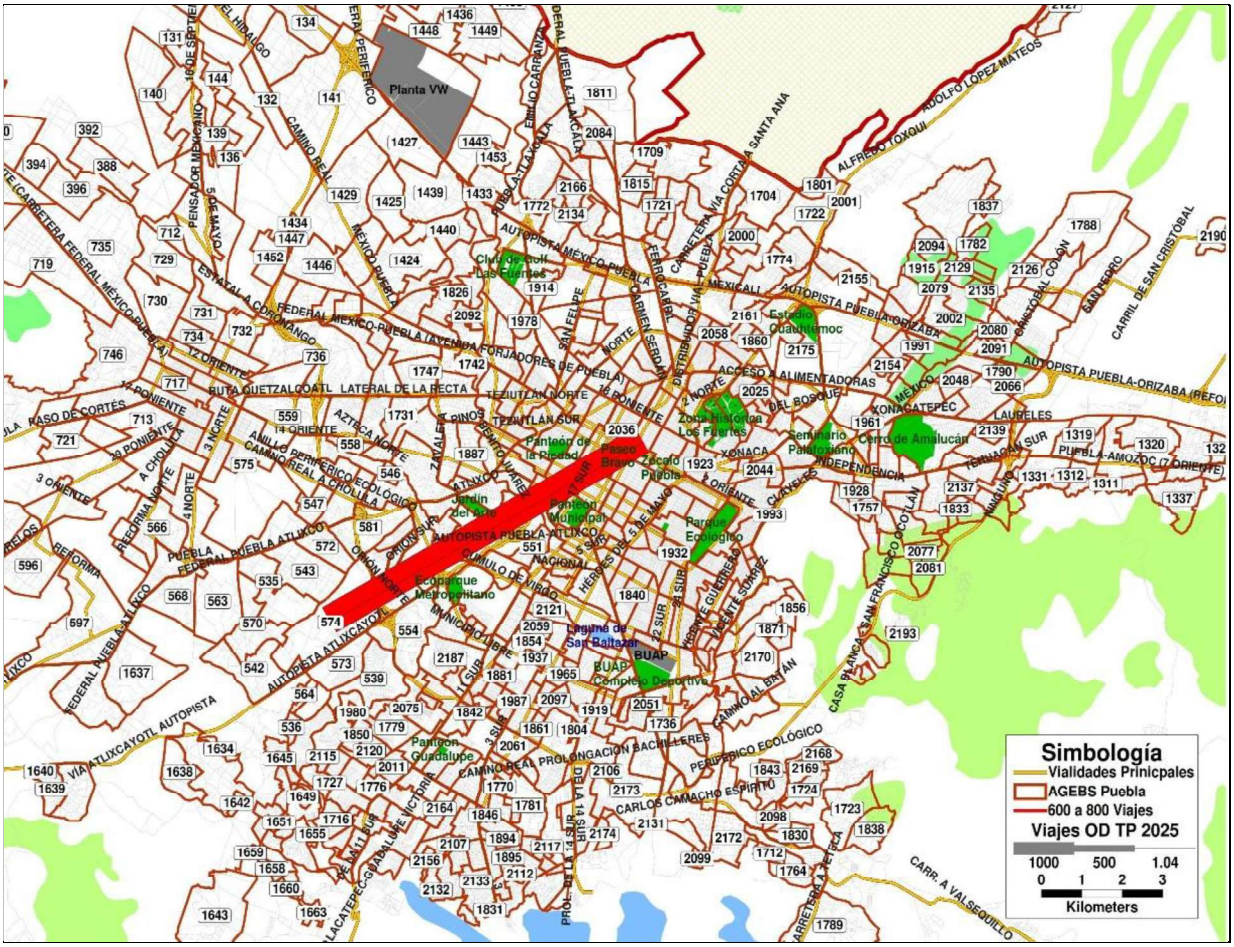
Fuente: Elaboración propia

Figura 89. Líneas de deseo para viajes entre 200 y 400. Transporte público a bordo



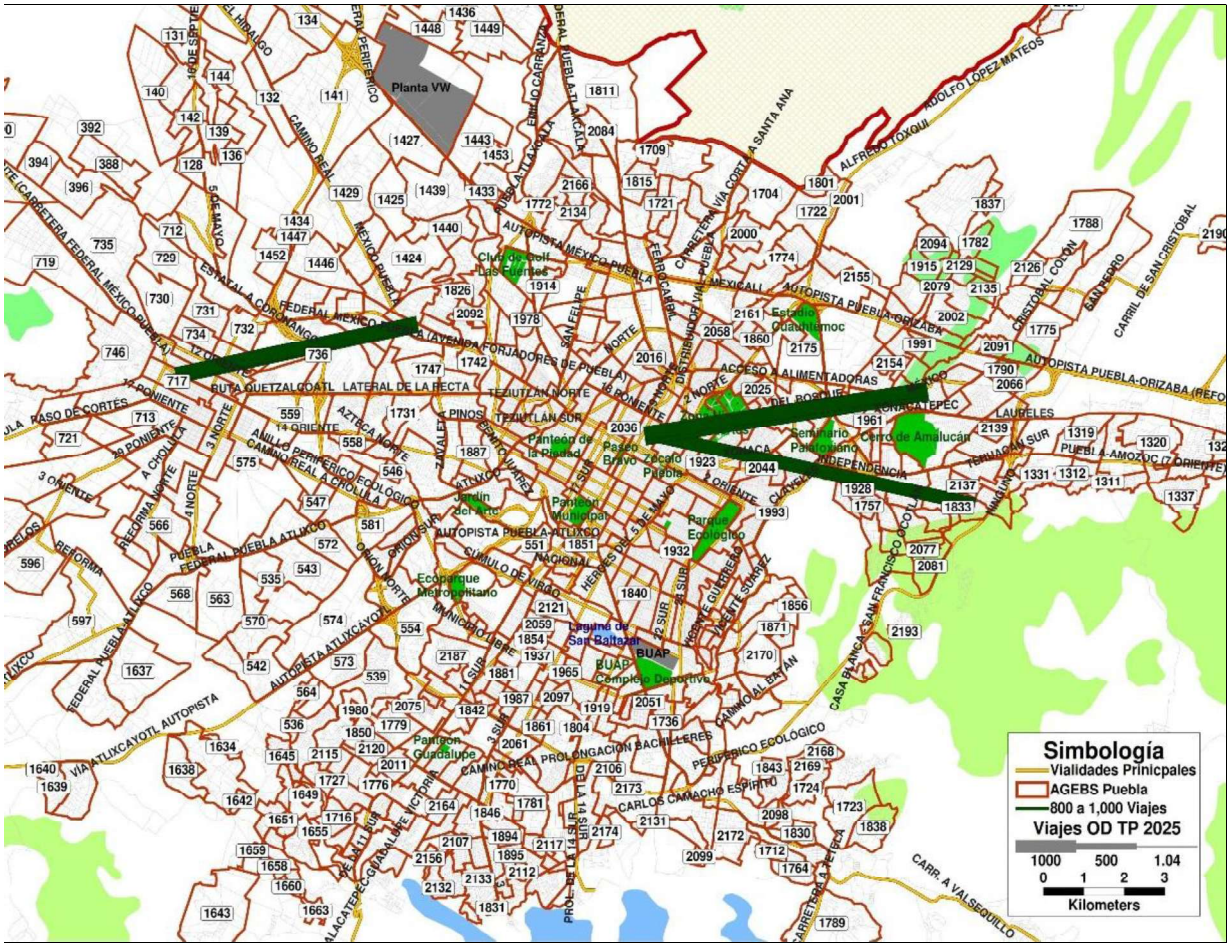
Fuente: Elaboración propia

Figura 90. Líneas de deseo para viajes de 600 a 800. Transporte público a bordo



Fuente: Elaboración propia

Figura 91. Líneas de deseo para viajes 800 a 1000. Transporte público a bordo



Fuente: Elaboración propia

7.2.5.2 Encuesta origen-destino para ciclistas

Objetivo

Identificar los orígenes y destinos de viajes de los usuarios de bicicletas en diferentes horarios del día, con lo que se definen las líneas de deseo y los puntos de generación y atracción de viajes de este modo de transporte.

Esta información permitirá comparar los patrones de movilidad, para las rutas de autobuses que ofrecen servicios en la ciudad y el patrón de viajes del modo de bicicleta.

Con la información recopilada se hacen evaluaciones de la representación gráfica de los orígenes y destinos y es posible generar elementos que permitirán establecer estrategias de posibles ciclovías en la ciudad, así como la ampliación de la red de ciclopistas de la ciudad.

Uno de los resultados más relevantes de la encuesta OD a ciclistas es la identificación específica de los lugares donde se generan los viajes y donde son atraídos. A partir de su análisis es posible

explicar las necesidades específicas de movilidad de población de esta modalidad de transporte y contrastar con la oferta y disponibilidad de los servicios de transporte de ruta fija de la ciudad.

Al igual como se consideró en la encuesta origen y destino a bordo de las unidades de transporte, la zonificación fue en base a AGEBS, a partir de los cuales se estructura la movilidad de la población usuaria de la red ciclista de la ciudad. Esta movilidad se cuantifica en 502 encuestas en el periodo de evaluación que fue de 8 horas.

En la Tabla a continuación se presenta un extracto de la base de datos de la encuesta de origen y destino a ciclistas.

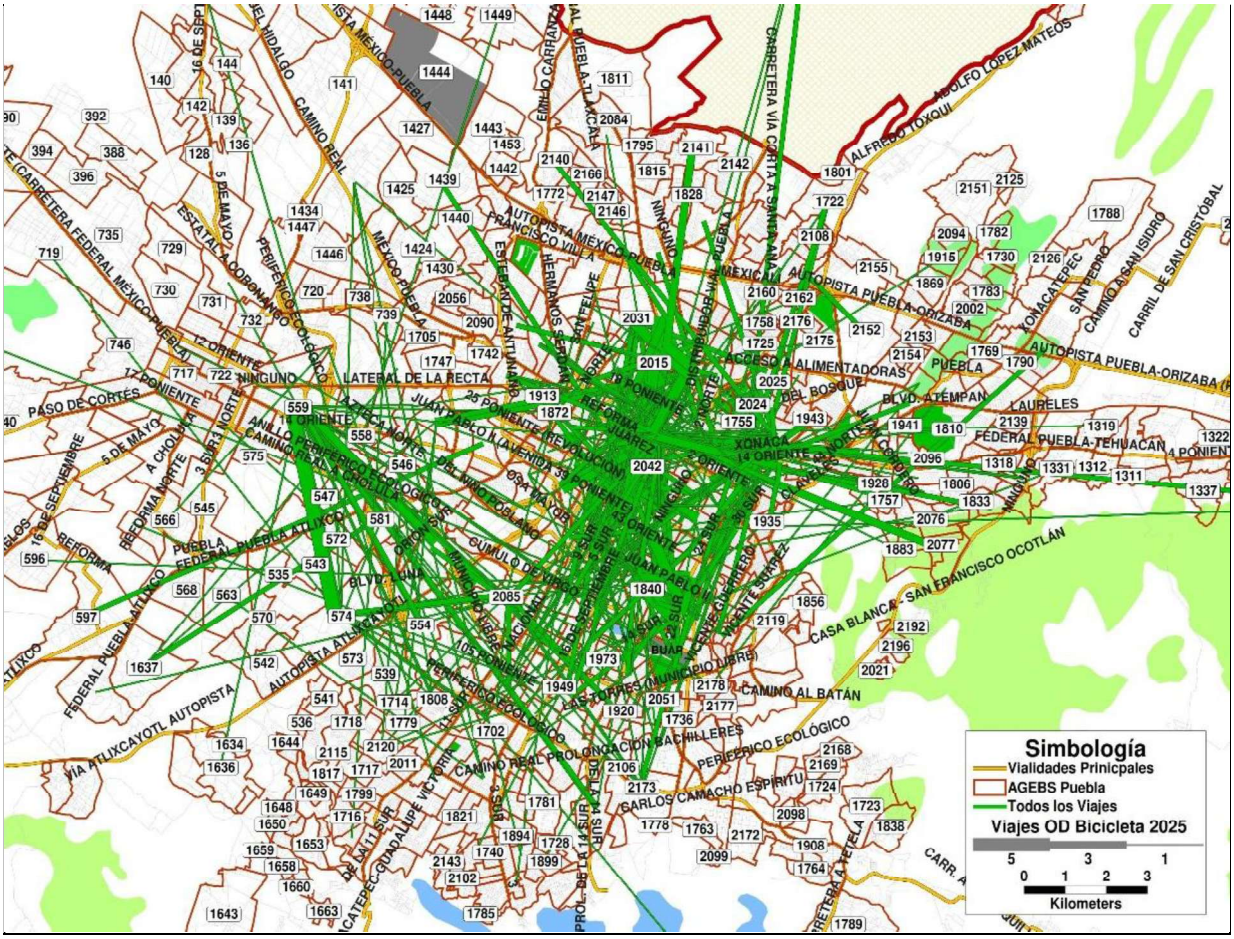
Tabla 62 Ejemplo de la base de datos de la encuesta de OD a ciclistas

Folio	Fecha	Hora	Ubicación	Género	3	Origen	Destino	Tiem-viaje	Frecuencia	Motivo	No Usar Bici	No Usar Bici	No Usar Bici	No Usar Bici	No Usar Bici
1	17-jul-25	11.30	21	1	1	636	632	2	6	1	1			4	
2	17-jul-25	12.15	21	1	2	384	634	1	6	1	1			4	
3	17-jul-25	12.17	21	1	1	641	634	1	5	1	1	2		4	
4	17-jul-25	12.48	21	1	2	633	263	1	5	1	1	2		4	
5	17-jul-25	13.17	21	1	1	633	155	2	6	1	1				5
6	17-jul-25	13.40	21	1	2	617	227	1	5	1	1			4	
7	17-jul-25	14.33	21	1	1	636	263	2	6	1	1			4	
8	17-jul-25	15.14	21	1	2	634	636	1	3	5	1			4	
9	17-jul-25	15.30	21	1	2	617	641	2	6	1	1		3	4	
10	17-jul-25	15.57	21	1	1	273	633	2	3	4	1	2		4	
11	17-jul-25	13.40	5	1	2	702	673	1	3	5				4	
12	17-jul-25	13.49	5	1	2	702	682	1	5	1	1			4	
13	17-jul-25	13.53	5	1	2	746	1048	1	5	1	1				
14	17-jul-25	14.13	5	1	2	702	634	2	4	2	1			4	
15	17-jul-25	14.29	5	1	2	695	662	1	6	1	1		3	4	
16	17-jul-25	14.50	5	1	3	792	686	1	6	1	1	2			
17	17-jul-25	15.01	5	1	3	717	1157	1	6	1	1				
18	17-jul-25	15.12	5	2	3	915	678	1	5	1			3	4	
19	17-jul-25	15.19	5	1	3	919	744	2	4	2				4	
20	17-jul-25	15.33	5	1	3	915	678	2	3	5	1		3	4	
146	17-jul-25	10.27	29	1	3	866	651	1	6	1	1				
147	17-jul-25	10.30	29	1	2	907	913	1	5	1	1				
148	17-jul-25	10.33	29	1	2	667	274	2	2	3				4	
443	17-jul-25	9.27	26	1	4	234	545	1	4	1	1		3		
444	17-jul-25	9.46	26	1	1	1022	155	1	3	1				4	
445	17-jul-25	10.00	26	1	4	1025	537	2	6	1	1			4	
446	17-jul-25	10.05	26	1	1	381	251	1	7	1					
447	17-jul-25	10.07	26	1	4	289	156	1	7	1	1			4	
448	17-jul-25	10.35	26	1	1	359	515	2	3	5	1				
449	17-jul-25	10.46	26	1	4	234	155	2	7	1				4	
450	17-jul-25	10.56	26	1	4	251	238	1	5	4	1			4	
451	17-jul-25	11.04	26	1	4	235	502	1	2	3			3		
452	17-jul-25	11.24	26	1	4	251	251	1	3	5	1			4	
453	17-jul-25	11.58	26	1	4	235	251	1	6	1				4	
454	17-jul-25	12.17	26	1	4	238	251	1	7	1				4	5
455	17-jul-25	12.19	26	1	4	251	381	1	7	1				4	
456	17-jul-25	12.39	26	2	1	269	495	1	4	5	1				5
457	17-jul-25	13.16	26	1	4	156	156	1	7	1	1				
458	17-jul-25	13.39	26	1	4	235	251	1	7	1	1				5
459	17-jul-25	13.47	26	1	4	156	155	1	7	3	1	2			

Fuente: Elaboración propia

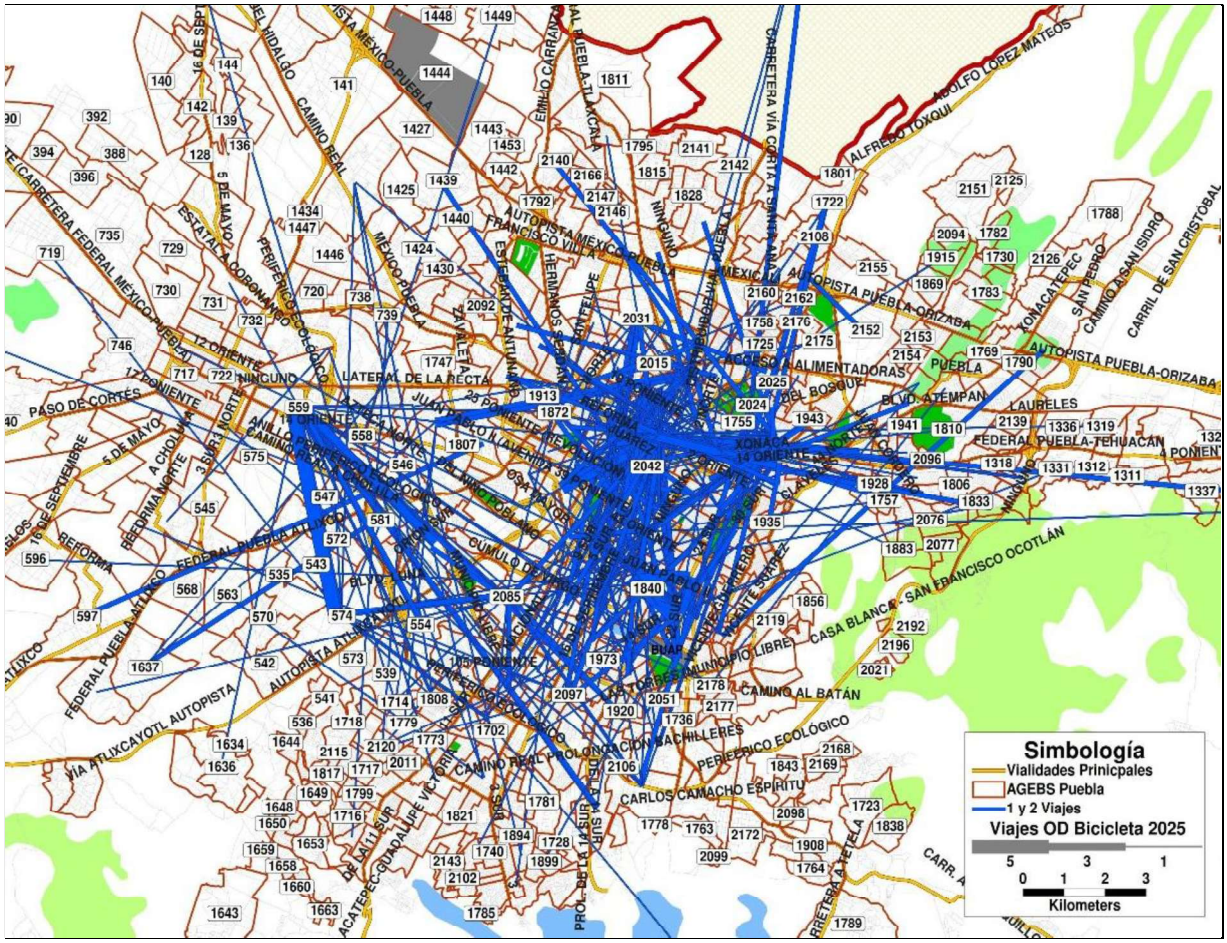
En las Figuras a continuación se representan los principales rangos de viajes de los usuarios entrevistados en la encuesta de origen y destino.

Figura 92 Líneas de deseo para todos los viajes de ciclistas



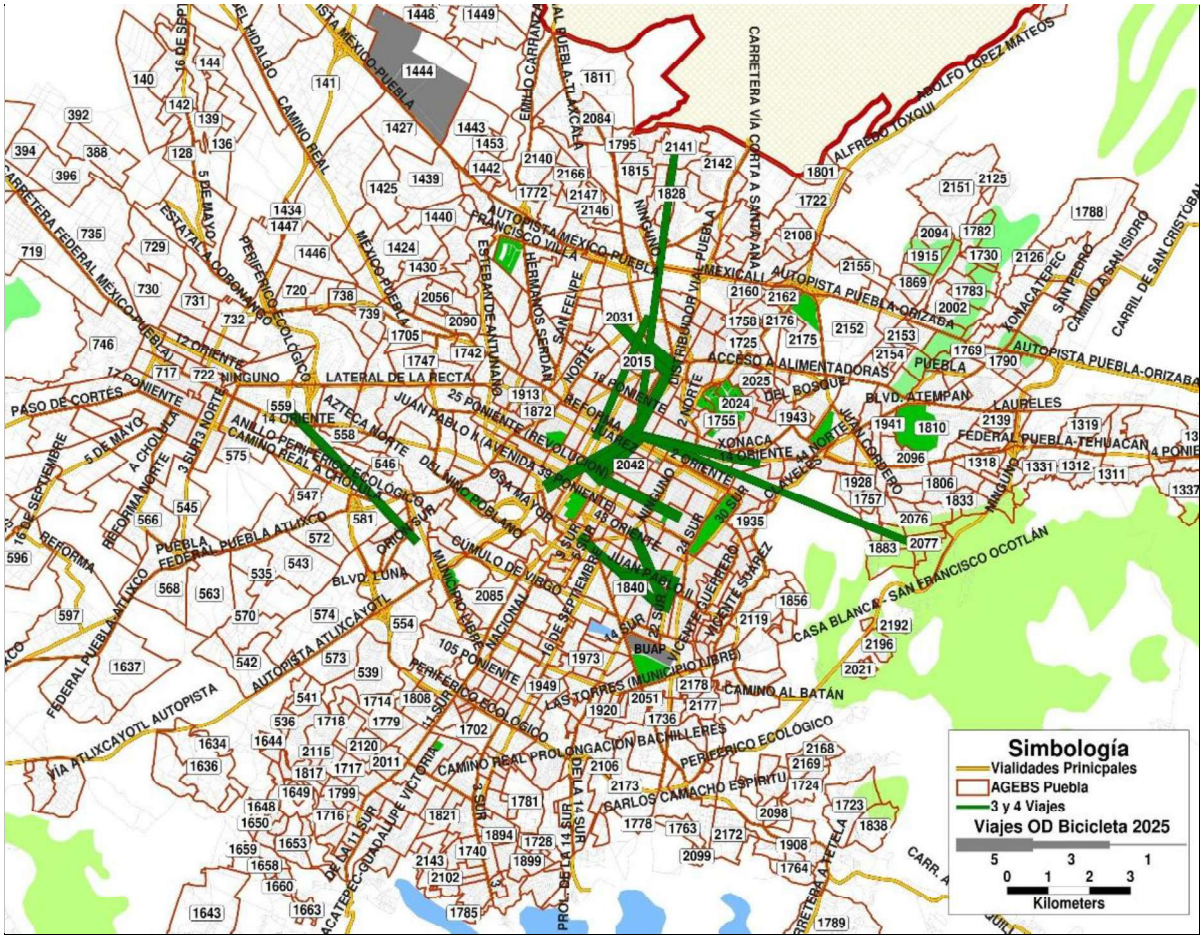
Fuente: Elaboración propia

Figura 93 Líneas de deseo para viajes entre 1 y 2 para ciclistas



Fuente: Elaboración propia

Figura 94 Líneas de deseo para viajes entre 3 y 4 para ciclistas



Fuente: Elaboración propia

7.3 RELACIÓN OFERTA – DEMANDA

En muchas ocasiones, un dato aislado de oferta o demanda no provee información importante sobre un sistema de transporte. La demanda puede ser baja, pero si no se compara contra la oferta no se puede definir si la provisión de servicios es acorde a la cantidad y dinámica de los usuarios. Cuatro indicadores serán utilizados para definir esta relación:

- IPK
- Índice de rotación
- Ocupación promedio
- Nivel de servicio

Los indicadores han sido calculados para la HDM de la mañana. Estos datos no pueden extrapolarse a la ligera al resto del día porque no necesariamente se cumplirían los mismos valores. Dado que estos indicadores son relaciones oferta-demanda, si uno de los componentes cambia en diferente proporción que el otro, el indicador cambia. Es lo que suele suceder en la

mayoría de los sistemas de transporte público de la República Mexicana; la demanda presenta cambios marcados a lo largo del día, pero la oferta es prácticamente plana.

7.3.1 IPK

El índice de pasajeros por kilómetro (IPK), es el principal indicador de productividad para el sistema de transporte. Se determinó un IPK promedio de 2.82 en el sentido de ida y de 2.47 de regreso, y en promedio de 2.64, lo que significa, en términos sencillos, que por cada kilómetro que recorre una unidad de transporte hay una demanda de 2.64 pasajeros, en promedio. La ruta con mayor IPK global llega a 14.13 y la de menor a 0.35. Un aumento de este indicador puede significar que se recorrieron los mismos kilómetros para transportar más pasajeros o que se transportaron los mismos usuarios con menos kilometraje. La Tabla muestra los IPK por tipo de vehículo para el servicio de transporte público convencional.

Tabla 63 IPK por tipo de vehículo

Tipo de vehículo	IPK Sentido 1	IPK Sentido 2	IPK Global
Autobús	2.52	3.31	2.92
Microbús	3.05	2.99	3.02
Combi/Van	2.44	3.15	2.79

Fuente: Elaboración propia

Existe directa relación entre la capacidad del vehículo y el IPK. Esto se da porque los tres tipos tienen longitudes promedio similares, pero si se tiene una capacidad mayor se pueden transportar más pasajeros con los mismos kilómetros.

7.3.2 Índice de rotación

El índice de rotación de pasajeros es una medida de la intensidad de uso del servicio y está determinado como el cociente entre los pasajeros que suben en un recorrido y el número máximo de pasajeros en el tramo más cargado (ocupación máxima). Números próximos a 1 indican poca rotación, baja demanda y viajes largos; mientras que números altos indican una gran actividad de la demanda a lo largo de la ruta y viajes cortos.

El valor medio del índice de rotación es de 1.9, es decir que cada unidad transporta 1.9 veces más pasajeros que los observados en su ocupación máxima, lo que en general se considera aceptable. La rotación del sentido más cargado es de 1.9 y la del otro sentido es de 2.0. Los índices de rotación de las rutas oscilan entre 1.00 y 5.19. La Tabla muestra los índices de rotación por tipo de vehículo.

Tabla 64 Índice de rotación por tipo de vehículo

Tipo de vehículo	Índice de rotación Sentido 1	Índice de rotación Sentido 2	Índice de rotación Global
Autobús	1.55	1.75	1.65
Microbús	1.92	1.99	1.92
Combi/Van	1.84	1.92	1.84

Fuente: Elaboración propia

7.3.3 Ocupación de las unidades

Este indicador define qué tan llenas transitan los vehículos de transporte público. En el sentido de ida, la ocupación promedio es del 101% y de vuelta del 90%. La ocupación global de la red es del 95%. Las unidades oscilan entre ocupaciones del 17% y el 120%. En algunos casos, una ruta de manera individual puede alcanzar una ocupación mayor al 100%. Esto es posible porque la ocupación relación entre los usuarios de la ruta y la oferta o capacidad de los vehículos. Si una ruta tiene una rotación alta, puede subir más pasajeros con la misma capacidad.

Tabla 65 Ocupación por tipo de vehículo

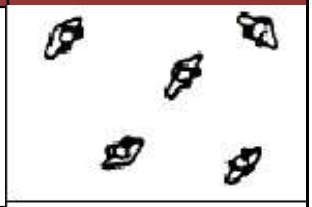
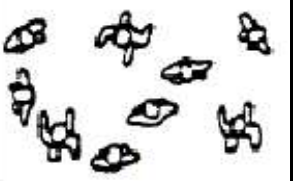
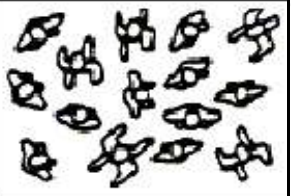
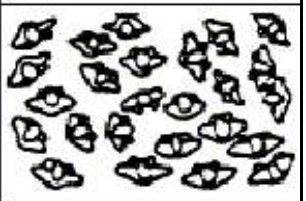
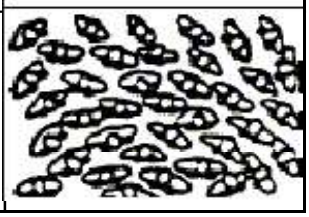
Tipo de vehículo	Ocupación Sentido 1	Ocupación Sentido 2	Ocupación Global
Autobús	98%	110%	104%
Microbús	77%	90%	83%
Combi/Van	50%	72%	61%

Fuente: Elaboración propia

7.3.4 Nivel de servicio

El nivel de servicio a bordo de las unidades es el confort que se ofrece a los usuarios. Este indicador es medido en términos de pasajeros por unidad de área disponible. Para evaluar este indicador se realizó un análisis de la relación de los niveles promedio de ocupación (carga máxima) respecto a la capacidad de los vehículos (asientos) de las unidades de transporte público del servicio convencional, reportados por los estudios de ascensos - descenso. La Tabla muestra la cantidad de rutas (ciclo completo) en cada nivel y la forma como se puede interpretar cada nivel de servicio. El altísimo porcentaje de rutas en nivel de servicio de C a F demuestra una vez más el grado de saturación que existe en la hora de máxima demanda de la mañana, para el servicio de transporte público convencional en la zona. Se pueden observar durante este periodo usuarios colgados o hasta la puerta de las unidades.

Tabla 66 Niveles de Servicio de las rutas

Nivel de servicio	Cantidad de rutas	Porcentaje	Aspecto
A	47	29%	
B	23	14%	
C	24	15%	
D	19	12%	
E	10	6%	
F	40	25%	

Fuente: Elaboración propia

Podría pensarse que los altos niveles de servicio se deben en parte a que el sentido menos cargado tiene muchos menos pasajeros y por lo tanto un mayor espacio libre, y que esto impacta de manera significativa en la ruta.

La Tabla a continuación muestra los indicadores de la relación oferta-demanda desagregado por ruta.

Tabla 67 Indicadores de la relación oferta – demanda por ruta

Ruta	Sentido 1				Sentido 2				Global			
	IPK	Rotación	% Ocup.	NS	IPK	Rotación	% Ocup.	NS	IPK	Rotación	% Ocup.	NS
1	4.09	2.83	0.81	A	6.01	1.52	1.19	F	5.05	1.87	1.00	E
2	1.94	2.71	0.90	A	2.35	1.18	1.10	F	2.15	1.58	1.00	E
3	2.45	1.52	0.90	D	2.38	1.28	0.88	F	2.41	1.39	0.89	E
4	0.67	1.75	0.17	A	2.30	2.67	0.57	A	1.48	2.38	0.37	A
5	1.11	1.60	0.27	A	6.44	8.45	1.55	A	3.77	5.19	0.91	A
6	0.77	1.67	0.25	A	1.54	1.25	0.50	A	1.15	1.36	0.38	A
7	2.15	1.36	0.45	A	2.27	1.33	0.48	A	2.21	1.34	0.46	A
8	1.20	1.67	0.36	A	2.49	1.29	0.74	D	1.85	1.39	0.55	B
9	2.42	1.45	0.76	C	1.44	1.58	0.45	A	1.93	1.50	0.61	B
10	2.96	2.13	1.13	D	1.96	1.55	0.75	C	2.46	1.85	0.94	D
11	2.95	2.04	0.88	E	5.51	2.15	1.65	F	4.23	2.11	1.27	F
12	3.18	2.76	1.57	E	2.27	4.79	1.12	A	2.72	3.35	1.34	A
13	1.81	1.35	0.83	B	2.02	1.44	0.93	B	1.92	1.40	0.88	B
14	1.28	2.00	0.62	A	1.77	1.89	0.86	A	1.53	1.94	0.74	A
15	1.88	1.43	1.26	F	1.81	2.43	1.21	A	1.84	1.79	1.24	C
16	2.76	1.51	1.33	F	3.31	1.41	1.60	F	3.03	1.45	1.47	F
17	1.58	1.45	0.76	A	0.94	1.58	0.45	A	1.26	1.50	0.61	A
18	4.02	2.32	1.38	B	2.36	2.00	0.81	A	3.19	2.19	1.10	A
19	4.55	1.85	1.23	F	3.87	1.91	1.05	D	4.21	1.88	1.14	F
20	1.94	2.19	0.83	A	2.27	1.71	0.98	A	2.11	1.90	0.90	A
21	1.36	2.13	0.76	A	1.62	2.00	0.90	B	1.49	2.06	0.83	B
22	1.22	2.15	0.47	A	1.49	2.00	0.57	A	1.35	2.07	0.52	A
23	2.26	1.35	0.97	F	2.18	1.81	0.93	F	2.22	1.54	0.95	F
24	2.82	2.21	1.07	F	3.70	2.00	1.40	F	3.26	2.08	1.23	F
25	1.43	1.90	0.95	A	1.11	1.07	0.74	C	1.27	1.42	0.85	B
26	5.03	1.35	1.53	F	4.92	1.27	1.50	F	4.98	1.31	1.52	F
27	1.45	1.38	0.95	F	1.77	2.04	1.17	D	1.61	1.68	1.06	E
28	1.76	1.75	0.67	A	3.39	2.35	1.29	A	2.58	2.10	0.98	A
29	1.85	1.33	0.67	A	3.10	2.47	1.12	A	2.48	1.88	0.89	A
30	2.24	1.48	0.81	A	2.91	2.20	1.05	A	2.58	1.81	0.93	A
31	6.33	1.81	1.42	F	5.07	1.62	1.13	F	5.70	1.72	1.28	F
32	1.80	1.50	0.45	A	4.40	1.43	1.10	F	3.10	1.45	0.78	D
33	5.77	2.22	1.37	F	6.12	2.02	1.45	F	5.95	2.11	1.41	F
34	5.18	2.54	1.10	B	4.40	2.15	0.93	B	4.79	2.35	1.02	B
35	1.46	1.30	0.31	A	3.48	1.41	0.74	C	2.47	1.38	0.52	A
36	2.09	2.10	0.50	A	2.29	1.21	0.55	B	2.19	1.52	0.52	A
37	2.62	2.00	1.05	C	1.91	1.52	0.76	C	2.26	1.77	0.90	C
38	8.92	2.32	1.43	F	9.64	2.07	1.55	F	9.28	2.18	1.49	F

Ruta	Sentido 1				Sentido 2				Global			
	IPK	Rotación	% Ocup.	NS	IPK	Rotación	% Ocup.	NS	IPK	Rotación	% Ocup.	NS
39	2.71	1.39	0.76	D	2.20	1.86	0.62	A	2.46	1.57	0.69	B
40	2.34	1.53	0.55	A	2.94	1.81	0.69	A	2.64	1.68	0.62	A
41	3.63	2.74	0.87	B	5.10	2.61	1.22	E	4.36	2.66	1.04	D
42	2.38	1.43	0.79	D	2.02	1.27	0.67	C	2.20	1.36	0.73	C
43	2.43	1.24	0.74	D	2.82	1.57	0.86	D	2.63	1.40	0.80	D
44	1.21	2.10	0.50	A	1.33	1.21	0.55	B	1.27	1.52	0.52	A
45	4.26	3.50	1.00	A	4.26	2.63	1.00	A	4.26	3.00	1.00	A
47	1.01	2.50	0.24	A	2.94	1.16	0.69	D	1.98	1.34	0.46	A
48	2.95	2.11	0.98	E	3.55	1.69	1.18	F	3.25	1.86	1.08	F
49	1.08	1.71	0.29	A	2.88	1.78	0.76	B	1.98	1.76	0.52	A
50	4.70	1.82	1.33	F	2.35	1.33	0.67	C	3.53	1.62	1.00	F
51	6.73	1.60	1.38	F	3.89	1.92	0.80	D	5.31	1.70	1.09	F
52	5.21	2.53	1.43	E	3.15	1.49	0.87	E	4.18	2.00	1.15	E
53	3.71	1.68	1.36	F	1.82	1.87	0.67	A	2.77	1.73	1.01	D
54	2.62	1.38	1.27	F	1.24	1.89	0.60	B	1.93	1.51	0.93	F
55	2.53	1.25	1.08	F	2.37	1.91	1.02	F	2.45	1.50	1.05	F
56	3.79	1.22	0.93	F	3.69	2.24	0.90	B	3.74	1.57	0.92	D
57	4.13	1.76	1.08	F	3.75	1.79	0.98	D	3.94	1.77	1.03	E
58	3.10	1.36	0.82	F	4.36	1.97	1.15	E	3.73	1.66	0.98	F
59	1.88	1.30	0.62	C	2.82	2.05	0.93	B	2.35	1.67	0.77	C
60	1.88	2.57	1.40	A	0.99	2.38	0.74	A	1.44	2.50	1.07	A
61	1.58	1.83	0.73	A	2.49	1.92	1.15	F	2.03	1.88	0.94	C
62	2.28	2.00	0.87	B	3.68	2.00	1.40	F	2.98	2.00	1.13	E
63	1.92	1.50	0.71	C	2.30	1.38	0.86	E	2.11	1.43	0.79	D
64	1.19	2.33	0.33	A	4.33	1.50	1.21	F	2.76	1.63	0.77	C
65	1.68	2.00	0.76	A	1.89	1.71	0.86	C	1.79	1.84	0.81	B
66	0.89	2.13	0.40	A	2.55	2.33	1.17	C	1.72	2.28	0.79	A
67	2.05	1.30	0.62	C	3.07	2.05	0.93	B	2.56	1.67	0.77	C
68	2.24	2.00	1.00	C	2.62	1.96	1.17	D	2.43	1.98	1.08	D
69	1.58	2.07	0.74	A	3.22	2.33	1.50	E	2.40	2.24	1.12	C
70	6.24	2.50	1.58	F	6.50	2.02	1.65	F	6.37	2.23	1.62	F
71	7.43	1.86	1.60	F	2.11	1.19	0.45	A	4.77	1.65	1.02	B
72	0.71	0.92	0.75	A	0.65	1.00	0.69	A	0.68	0.96	0.72	A
73	4.43	2.40	1.71	C	0.99	2.67	0.38	A	2.71	2.44	1.05	A
74	2.87	1.39	0.83	F	3.44	2.00	1.00	F	3.16	1.67	0.92	F
75	2.90	1.79	1.02	F	1.76	3.08	0.62	A	2.33	2.13	0.82	D
76	1.13	1.89	0.40	A	5.00	1.74	1.79	F	3.07	1.77	1.10	B
77	3.48	1.95	0.72	C	6.96	1.51	1.43	F	5.22	1.63	1.08	F
78	0.99	1.33	0.38	A	4.04	1.76	1.55	F	2.52	1.65	0.96	D

Ruta	Sentido 1				Sentido 2				Global			
	IPK	Rotación	% Ocup.	NS	IPK	Rotación	% Ocup.	NS	IPK	Rotación	% Ocup.	NS
79	3.31	1.95	1.37	F	2.63	1.51	1.08	F	2.97	1.73	1.23	F
80	2.67	1.48	1.03	F	1.68	1.50	0.65	B	2.17	1.49	0.84	E
81	1.72	2.00	0.57	A	2.30	1.45	0.76	C	2.01	1.65	0.67	B
82	3.80	1.50	1.20	F	3.74	1.65	1.18	F	3.77	1.57	1.19	F
83	2.87	3.13	0.83	A	3.68	1.52	1.07	F	3.28	1.97	0.95	C
84	1.14	2.67	0.76	A	1.96	1.90	1.31	F	1.55	2.12	1.04	C
85	1.78	2.77	0.86	A	3.02	3.05	1.45	C	2.40	2.94	1.15	B
86	1.90	1.25	0.67	A	2.99	1.40	1.05	D	2.44	1.34	0.86	B
87	3.73	1.40	1.12	F	3.40	1.42	1.02	F	3.57	1.41	1.07	F
88	1.67	1.63	0.43	A	5.14	1.78	1.33	F	3.41	1.74	0.88	D
89	1.64	2.55	0.47	A	4.28	1.78	1.22	F	2.96	1.94	0.84	E
90	0.89	1.86	0.22	A	5.77	2.00	1.40	F	3.33	1.98	0.81	D
91	3.49	2.25	0.90	D	5.81	2.20	1.50	F	4.65	2.22	1.20	F
92	2.45	1.62	0.92	A	3.16	2.45	1.18	A	2.80	2.00	1.05	A
93	3.01	1.85	1.42	D	2.37	2.09	1.12	A	2.69	1.95	1.27	B
94	3.31	1.46	0.85	A	3.05	1.31	0.78	B	3.18	1.38	0.82	B
95	3.73	1.51	0.93	B	6.26	1.34	1.57	F	5.00	1.40	1.25	F
96	5.63	2.10	1.37	F	4.60	1.40	1.12	F	5.12	1.71	1.24	F
97	2.10	1.72	0.74	B	3.59	1.33	1.26	F	2.84	1.45	1.00	F
98	1.88	1.86	0.98	C	1.46	1.39	0.76	D	1.67	1.62	0.87	C
99	1.89	2.00	1.05	C	3.44	3.64	1.90	C	2.67	2.82	1.48	C
100	2.19	2.48	1.24	C	1.26	2.00	0.71	A	1.73	2.28	0.98	B
101	9.58	1.39	1.10	F	13.13	2.03	1.50	F	11.35	1.70	1.30	F
102	1.68	2.64	0.62	A	3.81	1.31	1.40	F	2.75	1.55	1.01	F
103	2.77	1.63	0.65	A	6.25	2.32	1.47	F	4.51	2.05	1.06	D
104	2.92	1.88	1.00	F	4.82	1.60	1.65	F	3.87	1.69	1.33	F
105	3.25	2.35	1.57	F	3.12	2.81	1.50	F	3.19	2.56	1.53	F
106	1.83	2.20	0.92	D	3.16	2.57	1.58	F	2.50	2.42	1.25	F
107	1.37	1.95	0.62	B	1.41	1.27	0.63	F	1.39	1.53	0.63	D
108	1.32	1.82	0.74	A	1.24	1.93	0.69	A	1.28	1.88	0.71	A
109	1.16	1.69	0.52	A	1.58	1.43	0.71	C	1.37	1.53	0.62	B
110	1.35	1.71	0.57	A	1.91	2.83	0.81	A	1.63	2.23	0.69	A
111	2.07	1.63	0.65	D	4.68	2.32	1.47	F	3.38	2.05	1.06	F
112	2.68	1.40	0.83	B	1.84	1.60	0.57	A	2.26	1.48	0.70	A
113	3.51	1.06	0.90	F	2.22	2.40	0.57	A	2.86	1.35	0.74	A
114	2.82	1.41	0.74	A	1.46	1.78	0.38	A	2.14	1.52	0.56	A
115	4.33	1.34	1.31	F	1.18	1.07	0.36	A	2.75	1.27	0.83	C
116	4.11	1.33	1.00	F	4.52	1.40	1.10	F	4.32	1.37	1.05	F
117	4.93	1.90	1.30	F	4.30	1.55	1.13	F	4.61	1.72	1.22	F

Ruta	Sentido 1				Sentido 2				Global			
	IPK	Rotación	% Ocup.	NS	IPK	Rotación	% Ocup.	NS	IPK	Rotación	% Ocup.	NS
118	1.26	3.00	0.50	A	3.29	3.93	1.31	A	2.28	3.62	0.90	A
119	1.22	1.80	0.43	A	3.04	3.46	1.07	A	2.13	2.74	0.75	A
120	11.52	1.41	0.52	C	16.73	2.14	0.75	C	14.13	1.77	0.63	C
121	1.96	1.75	0.58	C	2.86	2.43	0.85	C	2.41	2.10	0.72	C
122	2.41	2.59	0.73	B	3.01	1.62	0.92	F	2.71	1.94	0.83	D
123	4.17	1.76	1.35	F	2.73	2.12	0.88	D	3.45	1.89	1.12	F
124	3.01	2.24	1.08	C	3.06	2.44	1.10	B	3.04	2.34	1.09	C
125	3.10	2.70	1.03	A	4.94	3.09	1.65	D	4.02	2.93	1.34	C
126	0.99	1.88	0.76	A	1.39	2.05	1.07	A	1.19	1.97	0.92	A
127	2.38	2.80	1.33	C	1.32	1.72	0.74	B	1.85	2.29	1.04	B
128	1.29	2.33	0.67	A	2.03	2.10	1.05	C	1.66	2.18	0.86	B
129	1.81	1.65	1.02	E	2.02	2.09	1.14	D	1.92	1.86	1.08	D
130	1.08	2.38	0.90	A	0.94	2.36	0.79	A	1.01	2.37	0.85	A
131	0.99	1.60	0.57	A	1.85	1.96	1.07	A	1.42	1.82	0.82	A
132	2.03	1.26	0.40	A	0.93	1.22	0.18	A	1.48	1.25	0.29	A
133	2.82	1.89	1.26	C	1.76	3.00	0.79	A	2.29	2.21	1.02	A
134	2.59	1.57	0.92	F	3.82	1.76	1.35	F	3.20	1.68	1.13	F
135	2.29	2.30	0.88	D	2.03	1.62	0.78	F	2.16	1.92	0.83	E
136	2.67	2.17	0.83	D	1.71	1.88	0.53	B	2.19	2.05	0.68	C
137	1.99	2.53	1.14	B	1.61	1.95	0.93	C	1.80	2.23	1.04	C
138	2.31	1.86	0.93	A	3.79	1.94	1.52	D	3.05	1.91	1.23	B
139	1.95	1.04	0.67	E	2.02	1.26	0.69	D	1.98	1.14	0.68	D
140	2.39	1.29	0.74	D	2.39	2.07	0.74	A	2.39	1.59	0.74	C
141	1.60	1.18	0.62	C	1.48	1.33	0.57	B	1.54	1.25	0.60	C
142	2.02	1.30	0.71	D	2.08	1.35	0.74	D	2.05	1.33	0.73	D
143	1.15	1.24	0.62	C	2.35	2.30	1.26	D	1.75	1.80	0.94	C
144	3.01	1.74	0.95	D	2.11	1.33	0.67	C	2.56	1.55	0.81	C
145	0.17	2.00	0.25	A	0.52	1.09	0.75	A	0.35	1.23	0.50	A
146	2.09	1.86	0.62	A	4.91	2.54	1.45	D	3.50	2.29	1.04	B
147	1.52	1.38	0.30	A	6.42	3.45	1.27	A	3.97	2.69	0.78	A
148	0.87	1.11	0.24	A	3.04	1.52	0.83	D	1.95	1.41	0.54	A
149	1.26	1.71	0.29	A	2.72	1.04	0.62	D	1.99	1.19	0.45	A
150	1.02	1.57	0.26	A	3.07	1.38	0.79	D	2.05	1.42	0.52	A
151	1.67	1.80	1.07	B	2.34	1.66	1.50	F	2.00	1.71	1.29	D
152	3.03	2.06	1.23	F	2.95	2.00	1.20	F	2.99	2.03	1.22	F
153	3.12	1.56	1.43	F	2.50	2.65	1.15	B	2.81	1.91	1.29	F
154	5.35	1.25	1.35	F	4.56	1.11	1.15	F	4.96	1.18	1.25	F
155	1.36	3.30	0.55	A	2.35	2.59	0.95	A	1.85	2.81	0.75	A
156	0.98	1.64	0.55	A	2.17	2.43	1.21	A	1.58	2.11	0.88	A

Ruta	Sentido 1				Sentido 2				Global			
	IPK	Rotación	% Ocup.	NS	IPK	Rotación	% Ocup.	NS	IPK	Rotación	% Ocup.	NS
157	1.54	2.00	0.43	A	2.82	1.65	0.79	C	2.18	1.76	0.61	A
158	1.22	1.27	0.33	A	2.70	1.19	0.74	E	1.96	1.22	0.54	B
159	1.29	1.13	0.40	A	2.67	1.67	0.83	C	1.98	1.44	0.62	B
160	4.95	1.38	1.21	F	2.53	2.36	0.62	A	3.74	1.60	0.92	A
161	4.88	1.61	1.23	F	2.38	1.50	0.60	D	3.63	1.57	0.92	F
162	4.71	1.76	1.43	F	1.86	2.27	0.57	A	3.29	1.88	1.00	F
163	3.32	3.15	1.37	E	1.86	2.88	0.77	A	2.59	3.05	1.07	C
164	3.94	1.25	0.83	C	0.90	1.14	0.19	A	2.42	1.23	0.51	A

Fuente: Elaboración propia

7.4 CALIBRACIÓN DEL MODELO DE USOS DEL SUELO Y TRANSPORTE

7.4.1 Descripción del Sistema de Modelos Tranus

En esta sección se presenta una descripción muy breve del modelo integral de usos del suelo y transporte. Una descripción completa y detallada del sistema en todos sus aspectos está disponible en www.modelistica.com.mx, desde donde también se puede bajar el software, manuales, tutoriales y el código fuente.

El modelo Tranus ha sido desarrollado por Modelistica desde 1985, con el propósito de contar con una herramienta para el análisis y evaluación de proyectos y políticas urbanas o regionales. Desde sus inicios, el modelo planteó la necesidad de considerar el sistema de transporte en una ciudad o región de manera completamente integrada con las actividades y usos del suelo. Esto contrasta con los modelos convencionales de transporte que no incluyen la representación de estos importantes factores. Desde sus inicios hasta hoy, Tranus se ha transformado en el modelo de este tipo más utilizado en el mundo, con aplicaciones en las más diversas ciudades y regiones.

7.4.2 Objetivo y rango de aplicaciones

Tranus es un modelo de simulación integral de la localización de actividades, usos del suelo y de transporte, que puede ser aplicado tanto a escala regional como urbana. Está especialmente orientado a la simulación de los efectos probables de la aplicación de políticas y proyectos diversos en ciudades o regiones, y evaluarlos desde un punto de vista social, económico, financiero, energético y ambiental.

La característica más destacable del sistema Tranus es la forma verdaderamente integrada en que se representan los principales componentes del sistema urbano o regional, tales como la

localización e interacción de actividades, el mercado inmobiliario y el sistema de transporte. Todos estos componentes están relacionados entre sí de manera explícita y de acuerdo a una teoría claramente desarrollada para este fin. De esta manera el fenómeno del movimiento de personas y mercancías se explica por las relaciones económicas y espaciales entre las actividades que los generan. A su vez, la accesibilidad que resulta del sistema de transporte afecta la forma en que interactúan las actividades entre sí, se localizan en el espacio e interactúan con el sistema inmobiliario. La evaluación económica forma también parte integral del sistema de modelación y de la formulación teórica, proveyéndose todas las herramientas necesarias para el análisis de políticas y proyectos.

Un sistema integrado de esta naturaleza permite evaluar los efectos de políticas de transporte sobre la localización de actividades y el uso del suelo. También es posible analizar los efectos de políticas de usos del suelo sobre el sistema de transporte, y naturalmente el efecto de políticas combinadas.

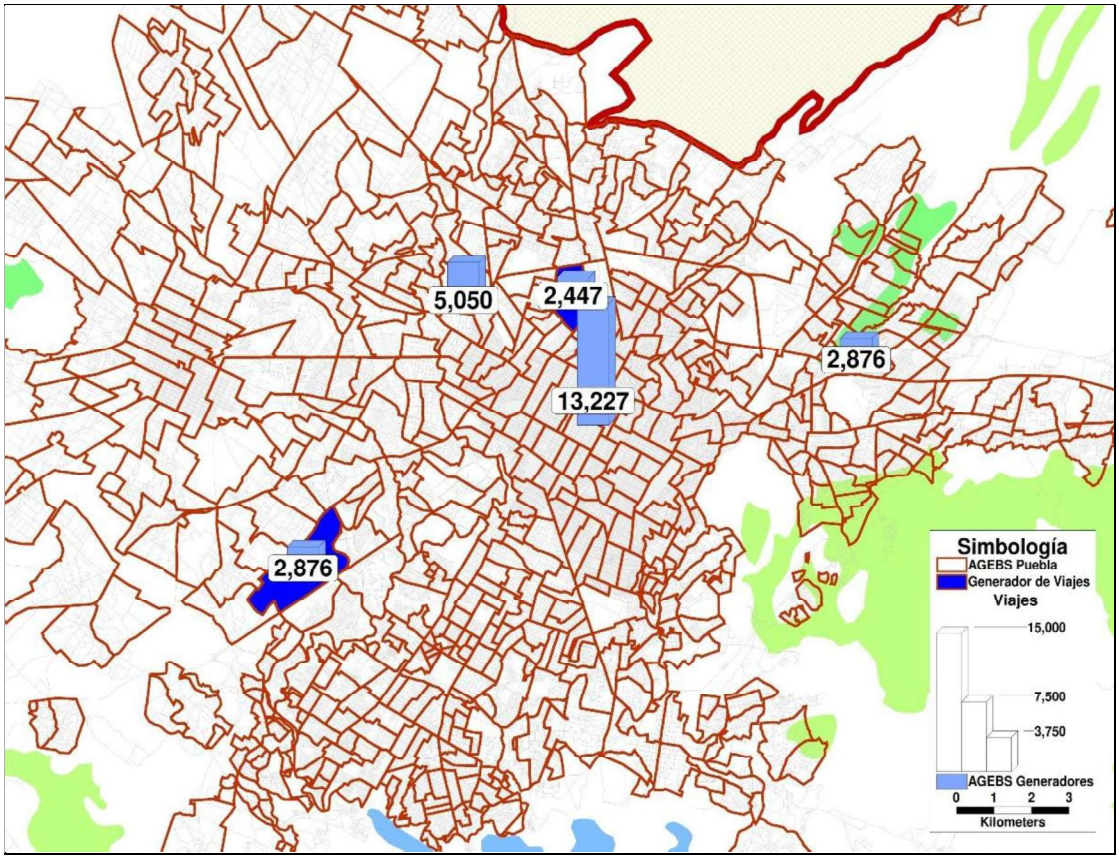
En cuanto a escala de aplicaciones, el sistema Tranus permite la simulación de:

- Areas urbanas detalladas
- Areas metropolitanas
- Regiones metropolitanas
- Regiones, estados o provincias
- Nivel nacional
- Regiones formadas por varios países

El sistema permite representar tanto los movimientos de carga como de pasajeros en transporte público y privado, en una misma red de transporte, simulando el efecto conjunto sobre la capacidad de la infraestructura vial. En aplicaciones urbanas, se suele dar prioridad a la representación de los movimientos de pasajeros, introduciendo exógenamente los movimientos de carga e incluir su efecto en la congestión. En aplicaciones regionales o nacionales, ambos elementos, carga y pasajeros, son igualmente relevantes. En este caso, es posible realizar una completa contabilidad tipo insumo-producto, con representación explícita de importaciones y exportaciones, y evaluar su efecto en la utilización de la red multimodal de transporte.

El rango de políticas y proyectos que se pueden analizar con el sistema es muy amplio. Pueden representarse políticas de ordenación urbanística, controles sobre los usos del suelo, y diversos proyectos y políticas de transporte. Estas políticas de usos del suelo y transporte pueden ser combinadas y evaluadas conjuntamente. Un aspecto al cual se le ha dado particular importancia es la representación de redes de transporte público, y de hecho este es el área que cuenta con el mayor número de aplicaciones.

Figura 95 Zonas con mayor cantidad de Orígenes de viaje en transporte público

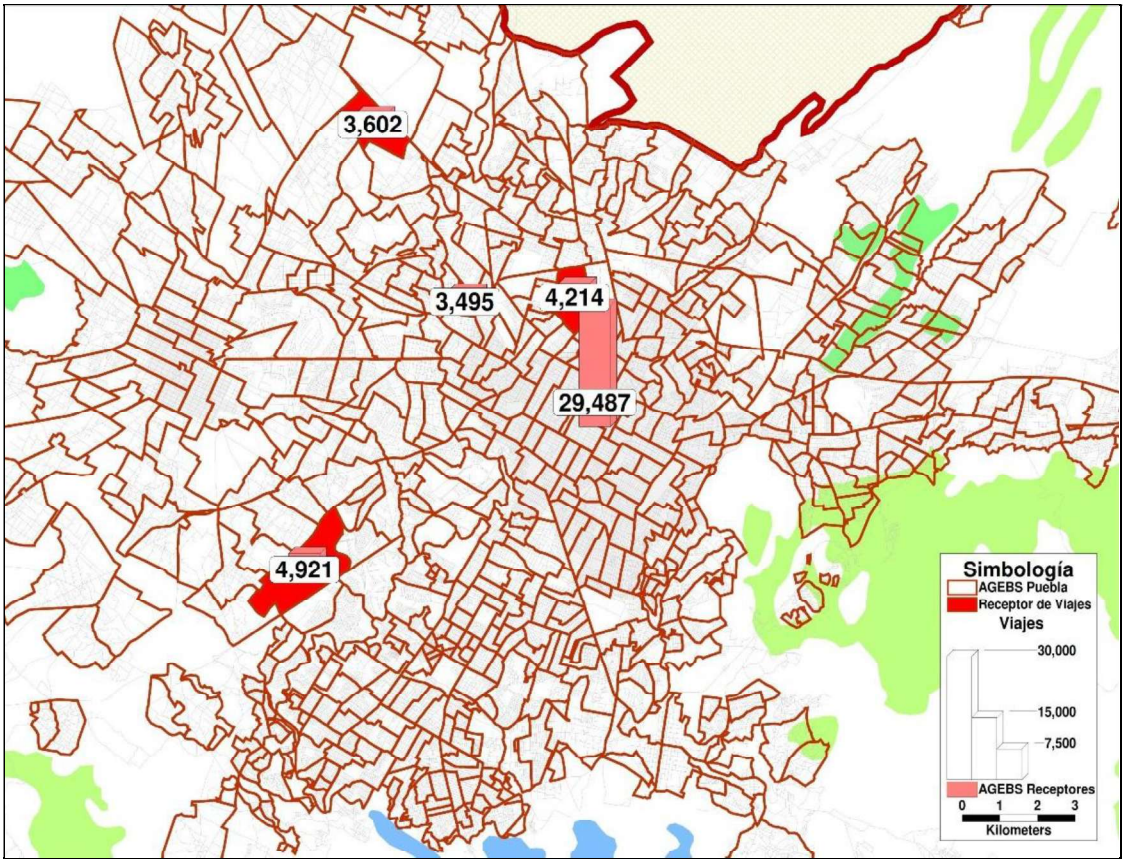


Elaboración propia

Se identifica que las principales zonas generadoras de viajes son: el Centro de la ciudad de Puebla, La Libertad, San Bernardino Tlaxcalancingo, Bosques de San Sebastián y San Miguel Cuentla.

Las zonas destino de los viajes públicos también identifican al centro como el mayor destino de los viajes, aunque también las zonas industriales representan un destino importante de viaje en el modelo.

Figura 96 Zonas con mayor destino de viajes del transporte público



Elaboración propia

Con estos resultados el modelo de transporte representa con gran similitud, los patrones de viaje del sistema de transporte público para la Zona Metropolitana de Puebla.

7.5 RESULTADOS ESCENARIO BASE

Los resultados de transporte tienen un determinado nivel de aproximación, aunque en términos generales se puede decir que el modelo reprodujo los datos disponibles de manera satisfactoriamente cercana.

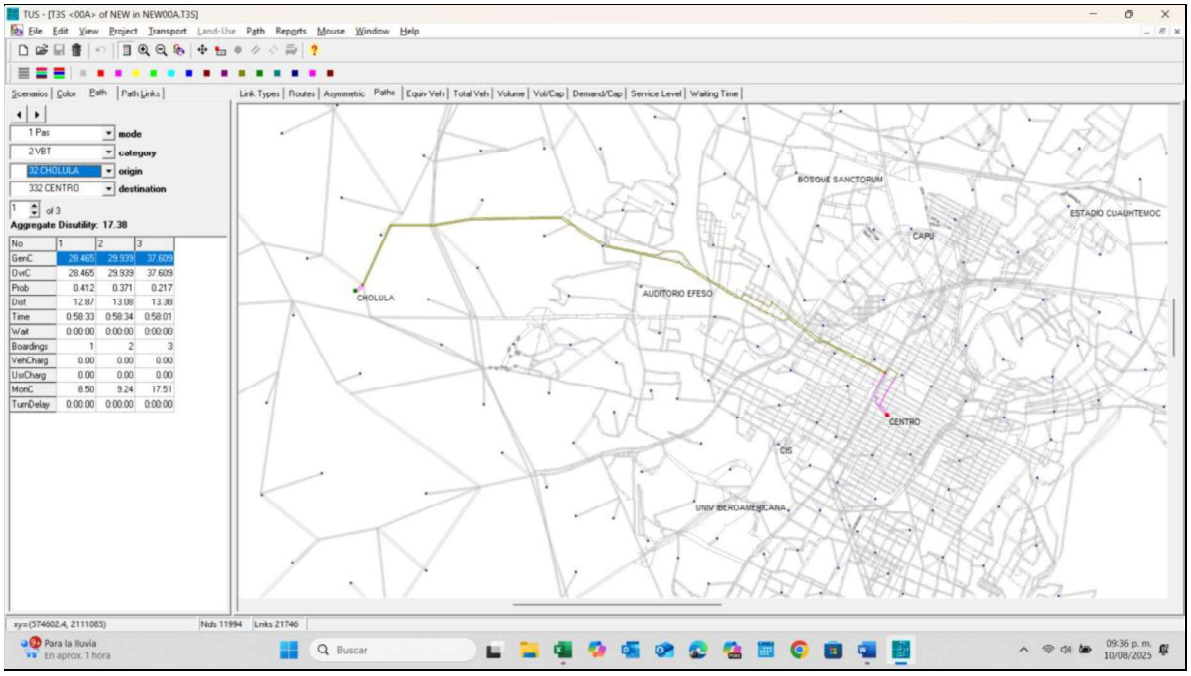
Un elemento importante en el proceso de calibración es verificar que el modelo calcula correctamente las diversas opciones de viaje entre zonas. La figura siguiente muestra un ejemplo con tres opciones de viaje entre el centro de Cholula y el centro de Puebla, tal como los presenta el modelo TRANUS.

En el ejemplo de abajo el modelo determina tres alternativas con tres resultados diferentes, la probabilidad de que ocurra alguna está directamente relacionada con el costo generalizado,

Cómo se están presentando las alternativas de viaje exclusivamente en el transporte público, los resultados que el modelo arroja son:

- Primera alternativa: el viaje inicia como peatón, posteriormente el viaje continúa en una ruta convencional del transporte público R129, finalmente el usuario llega a su destino como peatón.
- Segunda alternativa: el viaje es similar a la primera alternativa, pero la ruta convencional es la R130 y el tiempo de viaje es un poco mayor.
- Tercera alternativa: finalmente la tercera alternativa realiza un transbordo es decir el viaje se realiza en la R109 que llega a la CAPU y luego de allí al centro en otra ruta convencional.

Figura 97 Ejemplo de búsqueda de opciones de viaje



Origen Cholula – Destino Centro Puebla

Por su parte en la tabla que sigue se presenta los principales indicadores que se derivan del sistema de modelos, (para todos los habitantes de la zona de estudio a la hora de máxima demanda) en términos de la distancia media recorrida, lo que gasta en promedio un usuario del transporte público, la duración media de los mismos en minutos. La longitud de los viajes es relativamente larga para los estratos bajos por vivir más alejados de los lugares de empleo y más corta para los estratos altos, por residir éstos más cerca de las zonas de empleo. En tarifa, los gastos revelan el uso del sistema convencional por sobre el sistema RUTA. Los tiempos de viaje son relativamente largos, lo cual se explica por los altos niveles de congestión que se observan en la ZMPU en el pico de la mañana y que se extienden al resto del día.

Tabla 68 Indicadores generales del Escenario Base

Categoría de viaje	Distancia promedio de viaje(km)	Gasto promedio en tarifa de viaje ($)	Tiempo promedio de viaje (min)
Viaje al trabajo del Estrato Alto - Medio	5.26	14.42	35.2
Viaje al Trabajo del Estrato Bajo	6.89	12.17	45.4
Viaje a Comercio y Servicio	5.44	12.59	37.6

Fuente: propia de los resultados del modelo de transporte

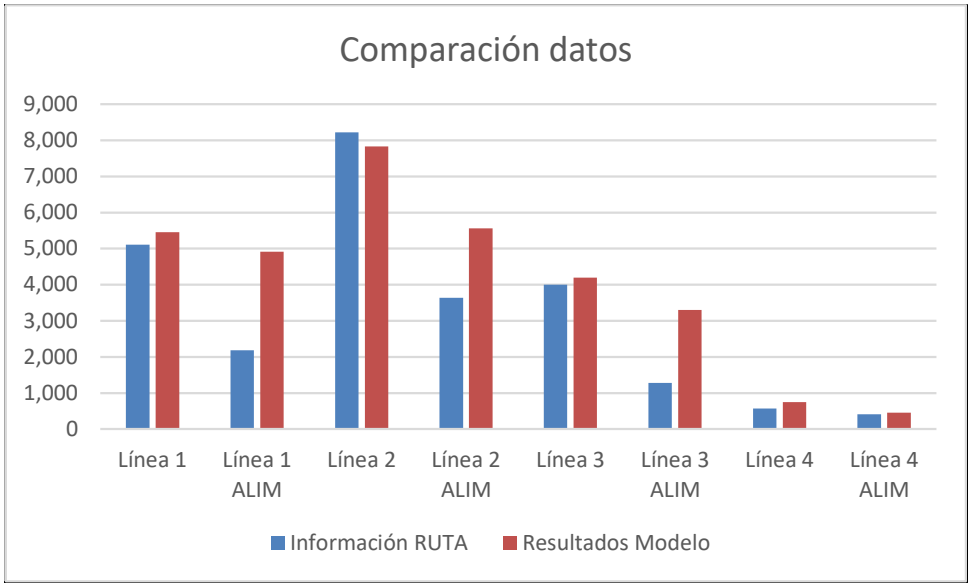
Por último, se hace la comparación de los abordajes de pasajeros para el año 2025 , con el resultado del sistema de modelos, para la hora de máxima demanda y el resultado de los estudios de campo. Estos valores nos demuestran que la cantidad de abordajes que reporta el modelo es bastante acertado con respecto a lo contabilizado en los estudios de campo.

Tabla 69 Comparación entre abordajes a la hora de máxima demanda

Abordajes a la HMD	Estudios de Campo	Modelo 2025
Rutas convencionales	123,304	104,012
Sistema RUTA	25,413	32,485
• Troncal 1	5,107	5,459
• Alimentadoras 1	2,187	4,917
• Troncal 2	8,219	7,834
• Alimentadoras 2	3,639	5,563
• Troncal 3	4,004	4,201
• Alimentadoras 3	1,278	3,300
• Troncal 4	568	752
• Integradoras 4	411	459

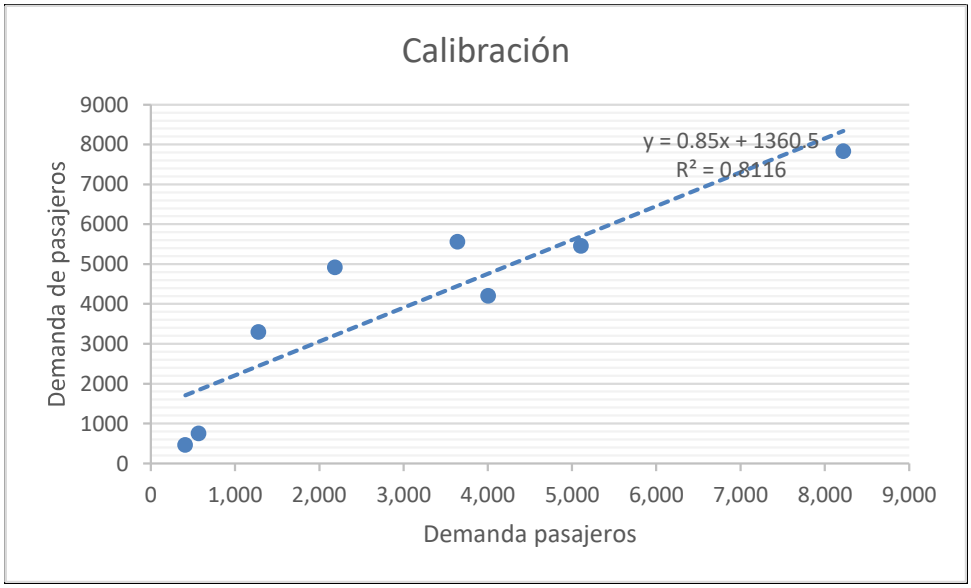
Elaboración propia

Figura 98 Comparación entre abordajes del Sistema RUTA



Elaboración propia

Figura 99 Resultado de la calibración entre abordajes del Sistema de Transporte Público



Elaboración propia

En la imagen anterior se presentó el resultado de la calibración entre el abordaje del sistema de transporte público de la Zona Metropolitana de Puebla que en su correlación lineal alcanza el R=90% de similitud y en la correlación cuadrática es del R=81%

8 CONCLUSIONES DIAGNÓSTICO

8.1 VIALIDAD Y TRÁNSITO

Existen accesos principales para llegar a la zona centro la Ciudad de Puebla, del sur por el Blvd Atlixcáyotl y Av. 11 Sur; por el oriente por Av. Independencia y al poniente por la recta a Cholula; por estos accesos se movilizan diariamente cerca de 1,105,093; 360,202 y 94,955 veh/día, respectivamente.

Por otra parte, se identificó poca presencia de transporte público en general (autobuses, microbuses y combi) en la mayoría de las principales vialidades de la ciudad de Puebla en donde se colocaron las estaciones maestras.

Se detectó que 14 intersecciones muestran un nivel de servicio F, esto es un 52% de las intersecciones analizadas. La principal causa es la reducción de la capacidad vial e incremento de demoras ocasionadas por las maniobras del transporte público. También el estacionamiento permitido contribuye al comportamiento actual de dichas avenidas

La mayoría de las intersecciones presentan niveles de servicio tipo C a F donde se inicia el grado de saturación de la intersección. Y como se comentó con niveles de servicio en E y F es preciso buscar soluciones de alto impacto y bajo costo en lo posible.

Cabe recordar que, aunque existan intersecciones entre un nivel D y E, su grado de saturación puede estar muy cercano a 1 o ser mayor, lo cual se refleja en la congestión de la zona.

Respecto a los aforos peatonales se identificó que la zona Centro predomina con los mayores volúmenes, lo cual es característico de los centros urbanos. No existe la infraestructura adecuada (semáforos peatonales, banquetas amplias, luminarias, etc.) para proveer facilidades a los peatones. Por otra parte, los semáforos peatonales instalados en el centro de la ciudad no están adecuadamente coordinados con los volúmenes peatonales que se presentan. Por las grandes cantidades de peatones, se evaluará en conjunto con el equipo de seguimiento del proyecto la ampliación de banquetas y eliminación de algunos obstáculos que reducen la capacidad del peatón.

El estudio de estacionamientos concluyó que los espacios disponibles en estacionamientos de pago, son suficientes para albergar el déficit de los autos estacionados en la vía pública. La zona centro muestra, un déficit de estacionamientos fuera de la vía pública, aun cuando se tiene una política de 3 horas de estacionamiento gratuito y este sugiere tiempos de permanencia reducidos.

8.2 TRANSPORTE PÚBLICO

8.2.1 Oferta de transporte

Los estudios de campo permitieron definir que, en la Zona Metropolitana de Puebla, operan 163 rutas convencionales o ramales actualmente y 43 líneas del Sistema de la Red urbana de Transporte Articulado RUTA. Estas rutas ofrecen una cobertura de aproximadamente el 98% de la ZMPU; si consideramos una franja de cobertura de 400metros.

La velocidad promedio de operación en ciclo completo de las rutas estudiadas es de 22 kilómetros por hora. La velocidad es un poco más baja en el sentido 1 (sentido más cargado) que en el sentido 2 (sentido menos cargado), con valores de 22.8 y 23.8 km/h respectivamente.

Los tiempos de ciclo de las rutas van desde 21 hasta 280 minutos (4.6 horas), con un promedio de 93 minutos para todas las rutas (una hora y media). El tiempo de parada, respecto al tiempo total de viaje representa el 14% del tiempo total de viaje, es decir, unos 8.5 minutos por ruta, en promedio.

La velocidad del transporte público varía en función de la zona de la ZMPU. En la periferia de la ciudad y en vialidades de varios carriles permite alcanzar velocidades comerciales altas. Mientras que, en vialidades cercanas al centro de la ciudad, zona como escuelas o mercados las velocidades son bajas y en algunas ocasiones aceptables; en gran parte a que existen vehículos de baja capacidad (combis o van)

En el segundo grupo de velocidades, consideradas buenas (20 – 30 km/h), se encuentra la mayor parte de las vialidades de varios carriles, como Vía Atlixcáyotl, Calz. Zavaleta, Blvd. Forjadores, Blvd. Hermanos Serdán y algunas vías locales en colonias.

La frecuencia de despachos en la hora de máxima demanda (HDM) varía bastante según la demanda y el tipo de vehículo de la ruta. Algunas rutas sólo despachan un vehículo por hora mientras que otras llegan a 36. Esta disparidad significa que tienen intervalos desde una hora hasta 2 minuto en promedio. En promedio para la totalidad de las rutas, la frecuencia del sistema es de 8 vehículos por hora, o lo mismo, una unidad cada 7.5 minutos aproximadamente.

8.2.2 Demanda de transporte

La variación horaria de la oferta (volumen de unidades por hora) y de la demanda (volumen de pasajeros por hora), para cada sentido de circulación en estaciones estudiadas del área de influencia presenta un patrón típico de un comportamiento de la demanda pendular: el flujo de pasajeros es mayor desde la periferia hacia el centro en la mañana y del centro a la periferia por la tarde.

Dada la extensión del área de estudio, las horas pico pueden ser diferentes en momento e intensidad en diferentes puntos de la red. Sin embargo, para efectos de análisis se ha definido como la hora pico de la mañana el período comprendido entre las 7:00 y 8:00. La hora pico de la tarde se encuentra entre las 18:00 y las 19:00. También se nota un leve repunte de la demanda a la hora de la comida, entre 13:00 y 14:00.

A partir de las cargas registradas en la hora pico de la mañana en las estaciones de 16 horas fue posible determinar el factor de hora pico para estimar los volúmenes de pasajeros por día. El factor determinado fue de 9.7.

Un sábado se moviliza en transporte público, aproximadamente el 79% de las personas que lo hacen en hábil. En domingo, el porcentaje baja al 52%. Son cifras aceptables, debido a la gran afluencia turística que se presenta en la ciudad los fines de semana y al requerimiento de servicios que se requieren.

En la encuesta a bordo de unidades de transporte público, los usuarios tienen una erogación significativa en la utilización de los servicios de transporte público, en promedio en los $23.3 pesos. Aun cuando el 53.6% manifesto una erogación menos a los $20.0

También destaca que, en términos generales, para las rutas de servicios de transporte público tienen una cobertura adecuada ya que los tiempos de caminata son menores a 5 minutos tanto hacia la parada donde se abordarán las unidades como desde donde descenderán hasta el destino del viaje. Similarmente, para ambos tiempos de espera de las unidades se puede calificar de adecuado para los usuarios ya que el promedio general es de poco más de 10 minutos.

En la ZMPU se realizan cerca de 123,000 viajes en transporte público convencional en la Hora de Máxima Demanda (HDM) de la mañana de un día hábil típico. Este valor no tiene en cuenta el transporte del sistema RUTA, sino solamente los transportados en el sistema convencional. La demanda de transporte público de la ZMPU en un día hábil típico en el sistema convencional es de aproximadamente 1,200,000 usuarios. El sistema RUTA de acuerdo con la información oficial presenta aproximadamente 326,000 validaciones, lo que nos lleva a concluir que en general se presenta 1.5 millones de viajes al día en transporte público.

Las cargas más altas de demanda en la HDM se dan sobre la Av. 20 oriente cerca de 4,400 pasajeros en el tramo más cargado y sobre Prol. Av. Reforma o Forjadores con carga de 4,050 pasajeros para el sistema convencional.

8.2.3 Relación oferta – demanda

Se determinó un IPK promedio de 2.82 en el sentido de ida y de 2.47 de regreso, y en promedio de 2.64, lo que significa, en términos sencillos, que por cada kilómetro que recorre una unidad de transporte hay una demanda de 2.64 pasajeros, en promedio. Valores de HDM.

El valor medio del índice de rotación es de 1.9, es decir que cada unidad transporta 1.9 veces más pasajeros que los observados en su ocupación máxima, lo que en general se considera bueno. La rotación del sentido más cargado es de 2.0 y la del otro sentido es de 1.9. Los índices de rotación de las rutas oscilan entre 1.00 y 5.19. Valores de HDM.

En el sentido de ida, la ocupación promedio es del 101% y de vuelta del 90%. La ocupación global de la red es del 95%. Las unidades oscilan entre ocupaciones del 17% y el 120%. En algunos casos, una ruta de manera individual puede alcanzar una ocupación mayor al 100%. Esto es posible porque la ocupación relación entre los usuarios de la ruta y la oferta o capacidad de los vehículos. Si una ruta tiene una rotación alta, puede subir más pasajeros con la misma capacidad.

8.3 SISTEMA URBANO

La ciudad de Puebla cuenta con la mayor población del Estado de Puebla, manteniendo una tasa de crecimiento de población al alza en los últimos años. Esta población se concentra principalmente en la ciudad de Puebla, San Andrés Cholula y San Pedro Cholula.

La zona metropolitana de la ciudad de Puebla de acuerdo con el censo del 2020, tiene una población de 2,275,477 personas.

El nivel socioeconómico de Puebla está orientado a un nivel de clase alto medio y estrato bajo con el 47% y 53%, respectivamente.

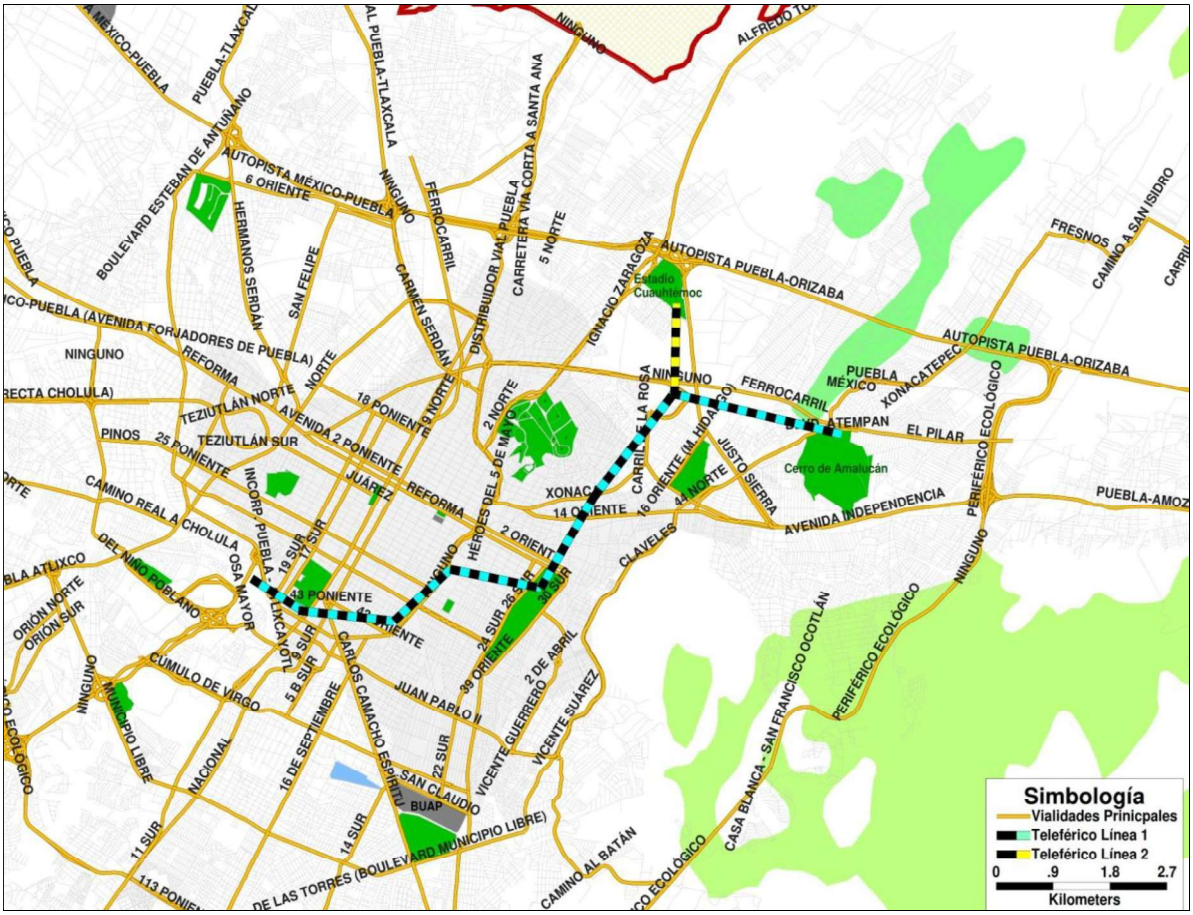
Respecto a la generación de empleos el 80% se considera de empleos de comercio y servicios y el 20% empleo en gobierno y actividades básicas.

8.3.1 Propuesta de un sistema de transporte público por cable – teleférico

La propuesta tiene el potencial de ofrecer beneficios a los usuarios de transporte público, por lo que se codificó en el modelo de transporte multimodal TRANUS y se evalúa aquí.

La propuesta es de una longitud total de 13.22 km de cableado, por donde circulan 2 líneas de teleférico que son, la Línea 1 con 11.55 km y la Línea 2 con 1.67 km. La Figura 100 muestra las líneas de teleférico propuestas.

Figura 100. Líneas de teleférico propuestas



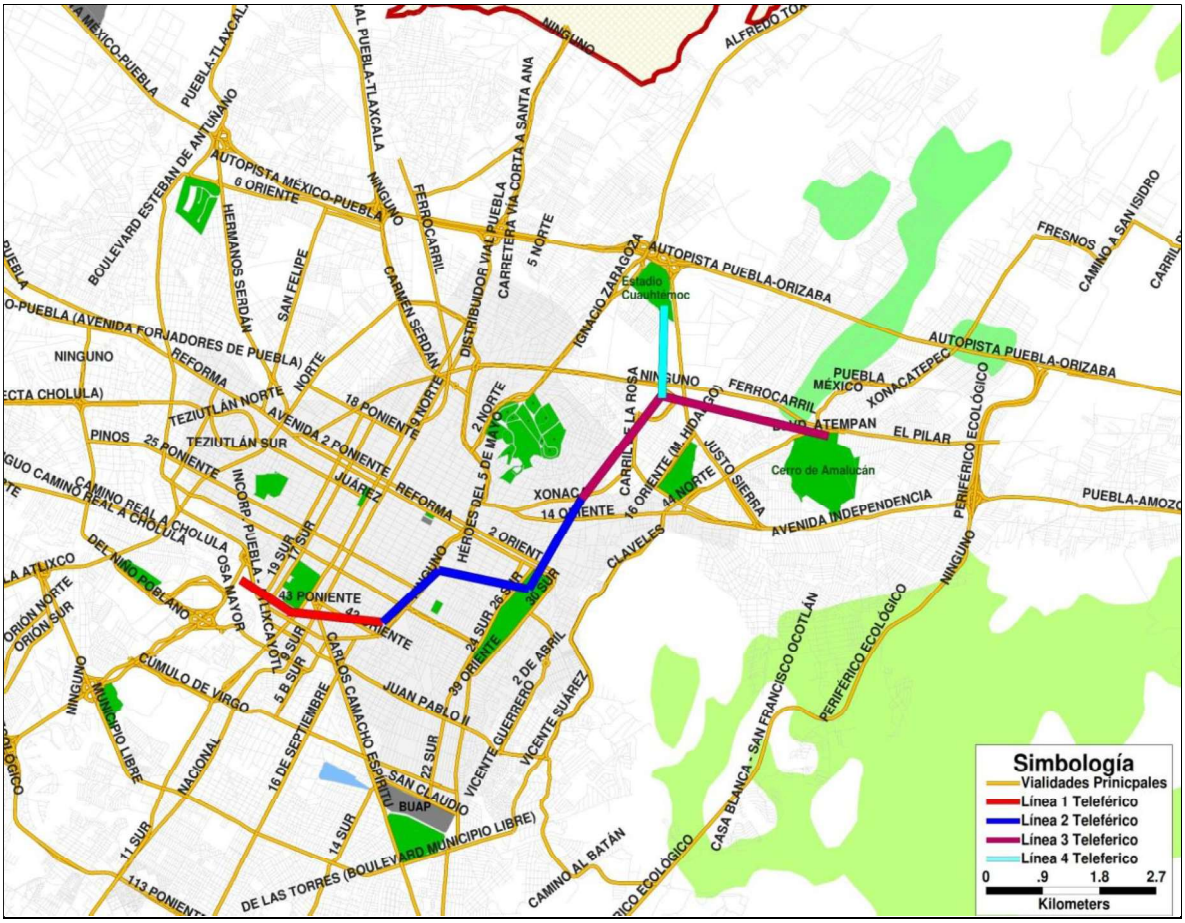
Elaboración propia

El sistema de cable propuesto consta de las siguientes estaciones / paradas:

Número	Nombre
1	CIS LA NORIA
2	BUAP
3	PARQUE JUAREZ
4	CENHCH
5	PAQUE ECOLOGICO
6	XONACA
7	PARQUE BIBLIOTECA
8	CERRO DE AMALHUACAN
9	UNIDAD DEPORTIVA

El sistema consta de cuatro bucles, esto significa que para ir de inicio a fin en la línea 1, el pasajero debe abordar en la estación en el inicio y hacer dos transferencias rápidas antes de llegar al final de la línea. Las transferencias entre bucles no se pagan.

Figura 101. Bucles de teleférico



Elaboración propia

Es importante destacar que el sistema teleférico conecta con las líneas 1, 2 y 3 de RUTA, pero sin integración tarifaria. La tarifa del teleférico es de 8.5 pesos, igual que gran parte del sistema convencional y un peso más costosa que la de RUTA.

Operación: las cabinas del teleférico circulan a una velocidad de 22 km/h, cada cabina tiene una capacidad para 10 personas. El total de la flota es de 126 cabinas para la Línea 1 y 18 cabinas para la Línea 2.

Para el sistema se evaluaron dos escenarios:

- Escenario conservador, en el cual el teleférico compite con igualdad de condiciones con el sistema de transporte público convencional y con RUTA (constante modal del teleférico es 1)
- Escenario optimista, en el cual los usuarios tienen una preferencia por el sistema teleférico sobre los otros modos (constante modal menor a 1, 0.70, 30% más atractivo que cualquier otro modo, inclusive el vehículo privado).

8.3.1.1 Escenario conservador

La Tabla 70 muestra los promedios de indicadores generales para el escenario conservador del sistema teleférico.

Tabla 70. Indicadores generales del escenario conservador del teleférico

Categoría	Distancia promedio de viaje (km)	Costo promedio	Tiempo promedio de viaje (horas)	Tiempo de espera promedio (horas)
Viajes estratos altos al trabajo	7.73	33.09	0.64	0.01
Viajes estrato bajos al trabajo	7.6	22.91	0.67	0.01
Viajes de comercio y servicio	9.67	36.8	0.63	0.01

Elaboración propia

La tabla que sigue muestra los abordajes para cada bucle de las Líneas 1 y 2 del teleférico.

Tabla 71. Demanda estimada por bucle del teleférico

ID	Denominación	Longitud, ambos sentidos (km)	Abordajes en HMD	Abordajes al día
L1	Bucle 1	5.2	453	4,394
L2	Bucle 2	9.1	734	7,120
L3	Bucle 3	8.8	668	6,480
LA	Bucle 4	3.3	92	892

Elaboración propia

En este escenario conservador, se da un total de 18,886 abordajes en las cabinas del sistema, aun cuando la demanda es de 7,502 pasajeros al día (pasajeros que pagan), con 11,384 transferencias diarias entre bucles del sistema.

8.3.1.2 Escenario optimista

Como se mencionó anteriormente, en este escenario se supone una preferencia del usuario por este modo de transporte. Esto es posible con una campaña de promoción del sistema.

La tabla que sigue muestra los indicadores generales promedio para el sistema teleférico.

Tabla 72. Indicadores generales escenario optimista del teleférico

Categoría	Distancia promedio de viaje (km)	Costo promedio	Tiempo promedio de viaje (horas)	Tiempo de espera promedio (horas)
Viajes estratos altos al trabajo	7.83	33.28	0.55	0.01
Viajes estrato bajos al trabajo	7.64	22.63	0.66	0.01
Viajes de comercio y servicio	9.7	36.67	0.63	0.01

Elaboración propia

En la tabla que sigue se muestran los abordajes por bucle del sistema en el escenario optimista.

Tabla 73. Demanda de abordajes en bucles del sistema teleférico, escenario optimista

ID	Denominación	Longitud, ambos sentidos (km)	Abordajes en HMD	Abordajes al día
L1	Bucle 1	5.2	981	9,516
L2	Bucle 2	9.1	1,841	17,858
L3	Bucle 3	8.8	1,691	16,403
LA	Bucle 4	3.3	284	2,755

Elaboración propia

Debido a la configuración del sistema que obliga a transferencias entre cabinas de cada bucle, el sistema en tiene 46,051 abordajes al día, mientras que la demanda del sistema es de 18,990 abordajes al día (los que pagan), con 27,061 transferencias entre cabinas.

Las posibilidades son que la demanda esté entre 7,500 y 19,000 pasajeros diarios, dependiendo de lo exitosa que sea la promoción del sistema, de manera que los usuarios la prefieran a otros modos.

El sistema es beneficioso y se recomienda su implantación, pero por la incertidumbre de la demanda, también se recomienda que en los contratos de concesión no se especifique una demanda mínima que transfiera el riesgo de baja demanda al Estado de Puebla.

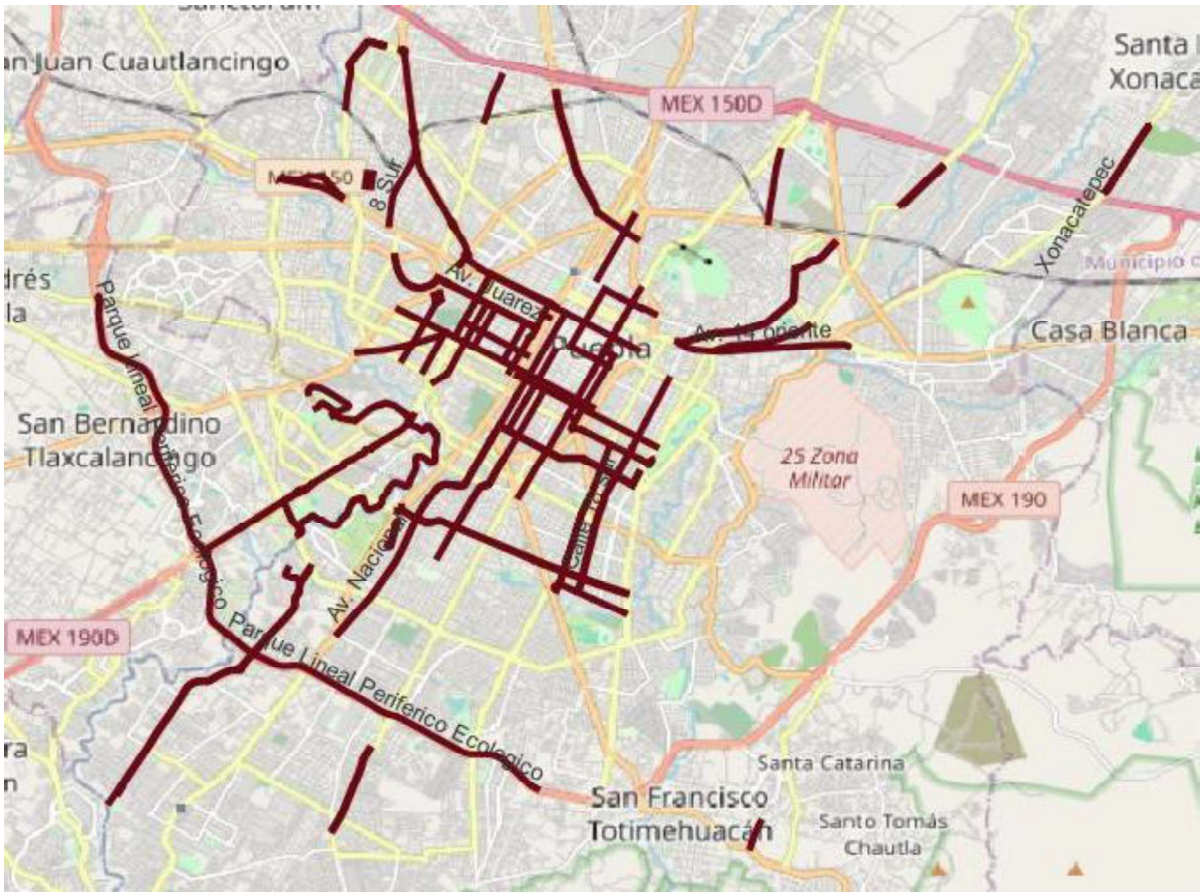
9 PLAN DE INFRAESTRUCTURA CICLISTA

9.1 CICLOVÍAS ACTUALES

En la actualidad, la Zona Metropolitana de Puebla (ZMPU) tiene una amplia red de ciclovías y ciclo pistas, principalmente concentradas en el Municipio de Puebla.

Sin embargo, la red actual está desconectada y discontinua, como lo muestra la figura que sigue.

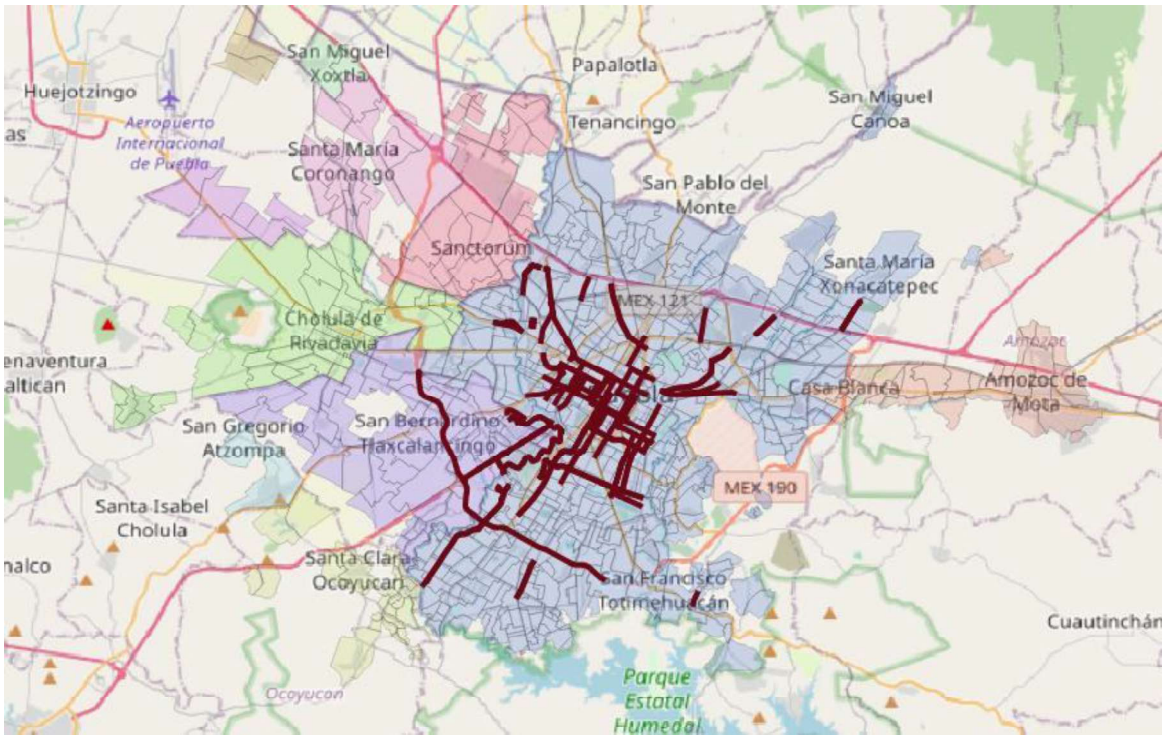
Figura 102. Red de Ciclovías actuales



Fuente: Elaboración propia con información de la Secretaría de Movilidad de Puebla

Como se mencionó anteriormente, dentro de la ZMPU, la infraestructura ciclista se concentra en el Municipio de Puebla (ver Figura 103).

Figura 103. Red de ciclovías sobre la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia con información de la Secretaría de Movilidad de Puebla

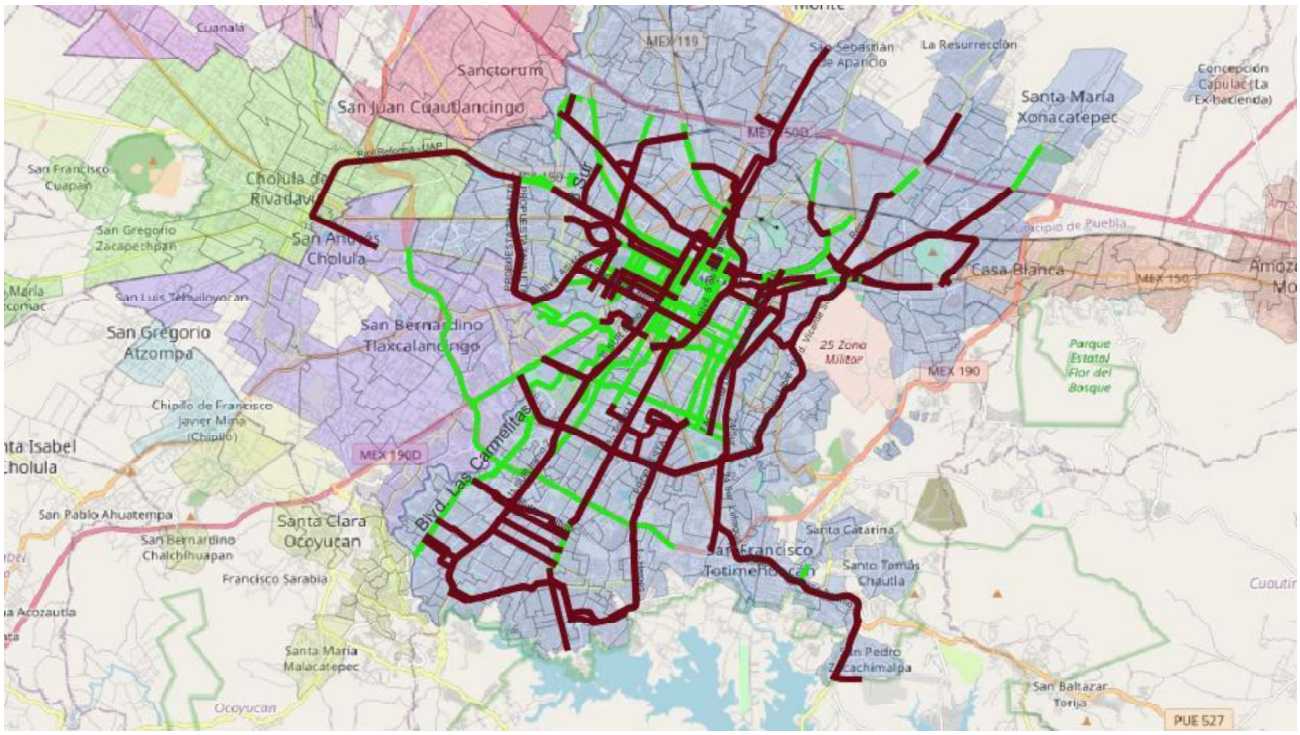
La estrategia para el corto plazo es integrar el sistema de ciclovías, de manera de que ofrezca una red continua, con real utilidad para los usuarios.

Es importante destacar que la falta de conectividad no es el sólo problema de las ciclovías en la ZMPU. Algunas de las ciclovías tienen problemas de accesibilidad (como entrar y salir de las ciclovías). Por ejemplo, la ciclovía a lo largo del Periférico Ecológico está en el camellón de una vía de alta velocidad, con muy pocos accesos, lo que la convierte en una ciclovía poco útil para la movilidad urbana. Lo mismo sucede con la ciclovía en el Blvd. Hermanos Serdán.

9.2 PROPUESTA DE CICLOVÍAS PARA LOS PRÓXIMOS 4 AÑOS – CORTO Y MEDIANO PLAZO

El objetivo es que en los próximos cuatro (4) años se consolide una red de transporte público integrada al sistema de transporte público y conectada entre sí. La Figura 104 muestra la propuesta de ciclovías al corto plazo (color guinda) sobre la red actual (color verde).

Figura 104. Propuesta de infraestructura ciclista sobre la red actual de ciclovías



Elaboración propia con información de la Secretaría de Movilidad de Puebla

Ya en la sección sobre corredores se presentó la propuesta de ciclovías integradas al transporte público en los corredores Xonaca y Reforma. En esta propuesta se incluye modificación de anchos de ciclovías existentes y adición de tramos para que los corredores sean tipo calle completa.

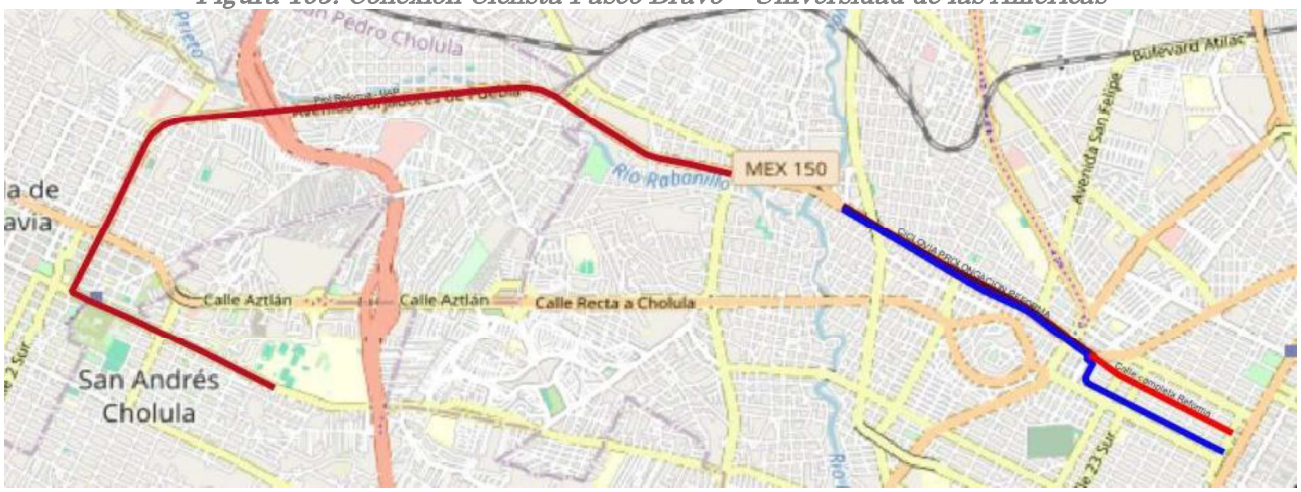
A continuación, se presentan las secciones viales propuestas para las ciclovías clave en la propuesta de red ciclista conectada.

9.2.1 Conexión Ciclista Paseo Bravo – Universidad de las Américas de Puebla (UAP)

La conexión ciclista forma parte del sistema de movilidad sustentable Centro _ Cholula, a través de las vialidades Reforma, Av. 5 Poniente, Prolongación Reforma y Av. Forjadores de Puebla (ver Figura 105).

A lo largo de estas vialidades también se propone un corredor de transporte público tipo BRT, por lo que la implantación de infraestructura ciclista (estacionamientos de bicicletas en estaciones, ciclo carriles), infraestructura de prioridad el transporte público (carriles exclusivos para buses y estaciones), infraestructura peatonal adecuada, accesibilidad universal y espacio vial para vehículos privados convierten a este eje en una vía tipo calle completa.

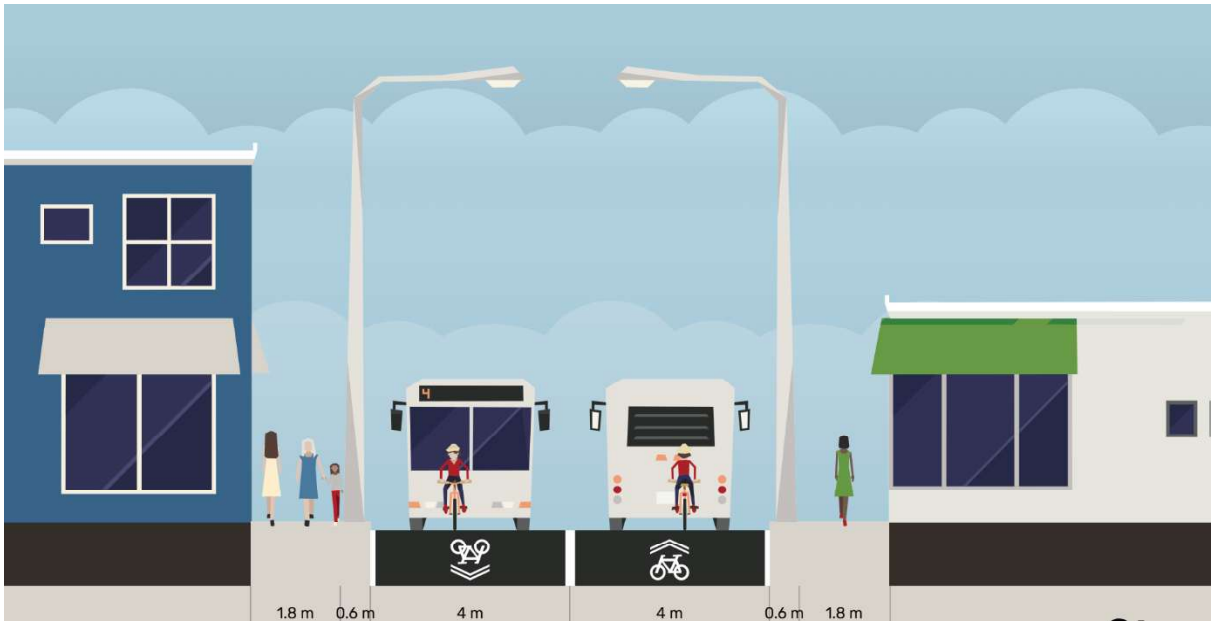
Figura 105. Conexión Ciclista Paseo Bravo – Universidad de las Américas



Elaboración propia con información de la Secretaría de Movilidad de Puebla

Siguen las secciones transversales propuestas para tramos de esta conexión.

Figura 106. Sección propuesta para Av. Reforma, entre Paseo Bravo y Prolongación Reforma



Elaboración propia

La Av. Reforma en este tramo se propone de tránsito calmado, con revos en pasos peatonales y carriles compartidos por el transporte público y los ciclistas. No se permite el paso de vehículos privados.

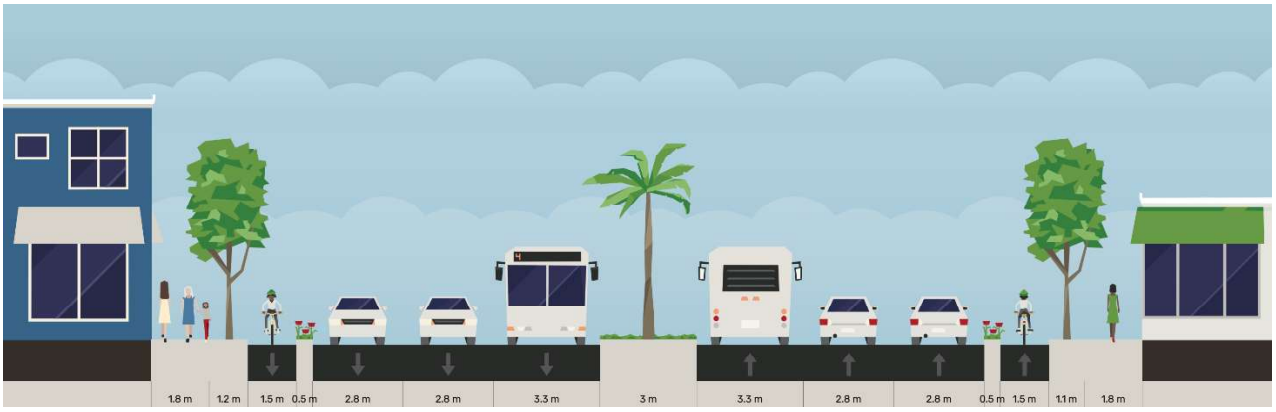
Figura 107. Sección propuesta para Av. 5 Poniente, entre Paseo Bravo y Pról. Reforma



Elaboración propia

En la Av. 5 Poniente se propone una ciclovía en doble sentido, un carril para tránsito general en un sentido y banquetas adecuadas con accesibilidad universal.

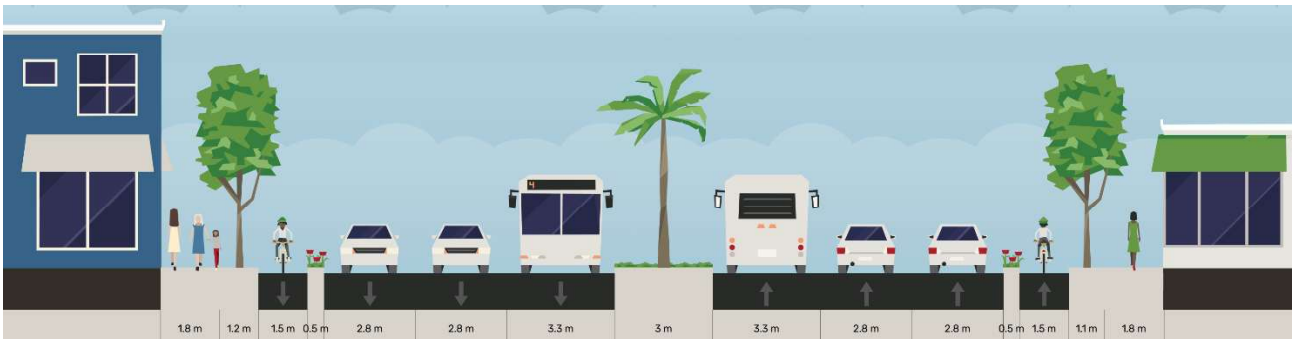
Figura 108. Sección propuesta en Av. Prolongación Reforma



Elaboración propia

En la Av. Prolongación Reforma se proponen ciclo carriles unidireccionales a la derecha, carriles exclusivos para el transporte público al centro, estaciones centrales, dos carriles por sentido para tránsito general y banquetas adecuadas.

Figura 109. Sección propuesta para Av. Forjadores de Puebla



Elaboración propia

La sección disponible en la Av. Forjadores de Puebla es muy parecida a la de Prolongación Reforma, por lo que se propone la misma distribución vial.

Ya en Cholula, para la Calle 4 Norte, se propone una sección con ciclovía bidireccional y un carril de circulación para el tránsito general. Los espacios peatonales se amplían.

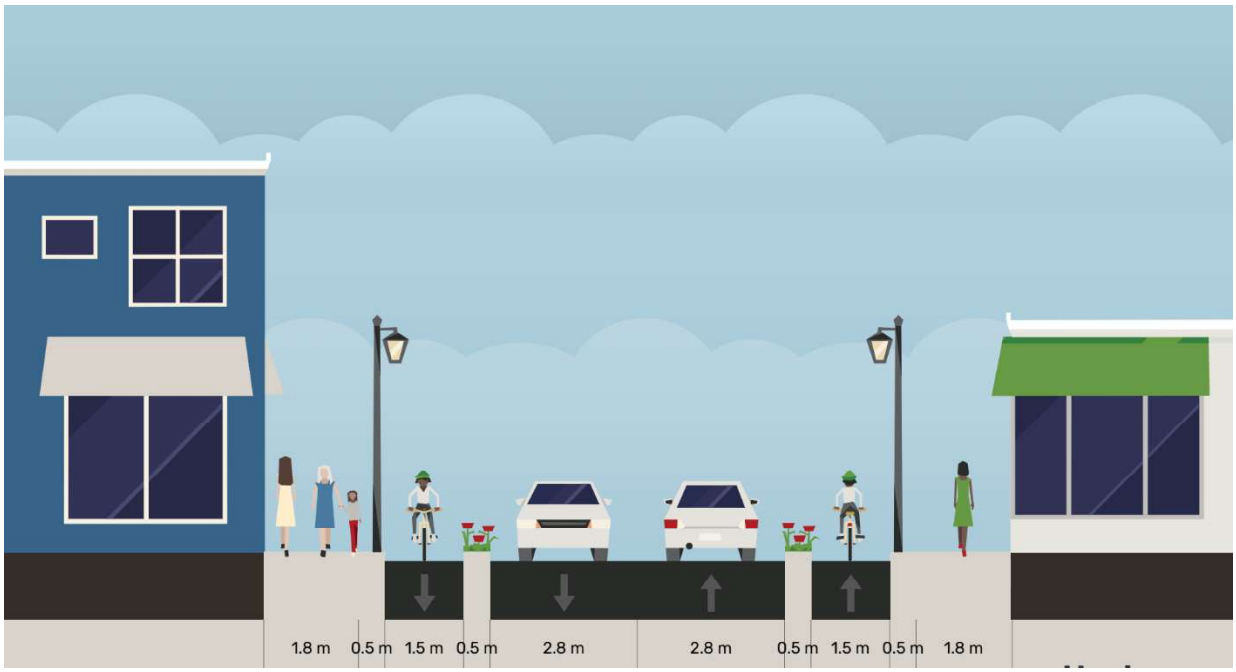
Figura 110. Sección propuesta para la Calle 4 Norte



Elaboración propia

Para la Calle 14 Poniente la infraestructura ciclista se propone hasta la Universidad Americana de Puebla, con ciclovía unidireccional por sentido a la derecha y un carril por sentido para el tránsito general.

Figura 111. Sección Vial Propuesta para la Calle 14 Poniente



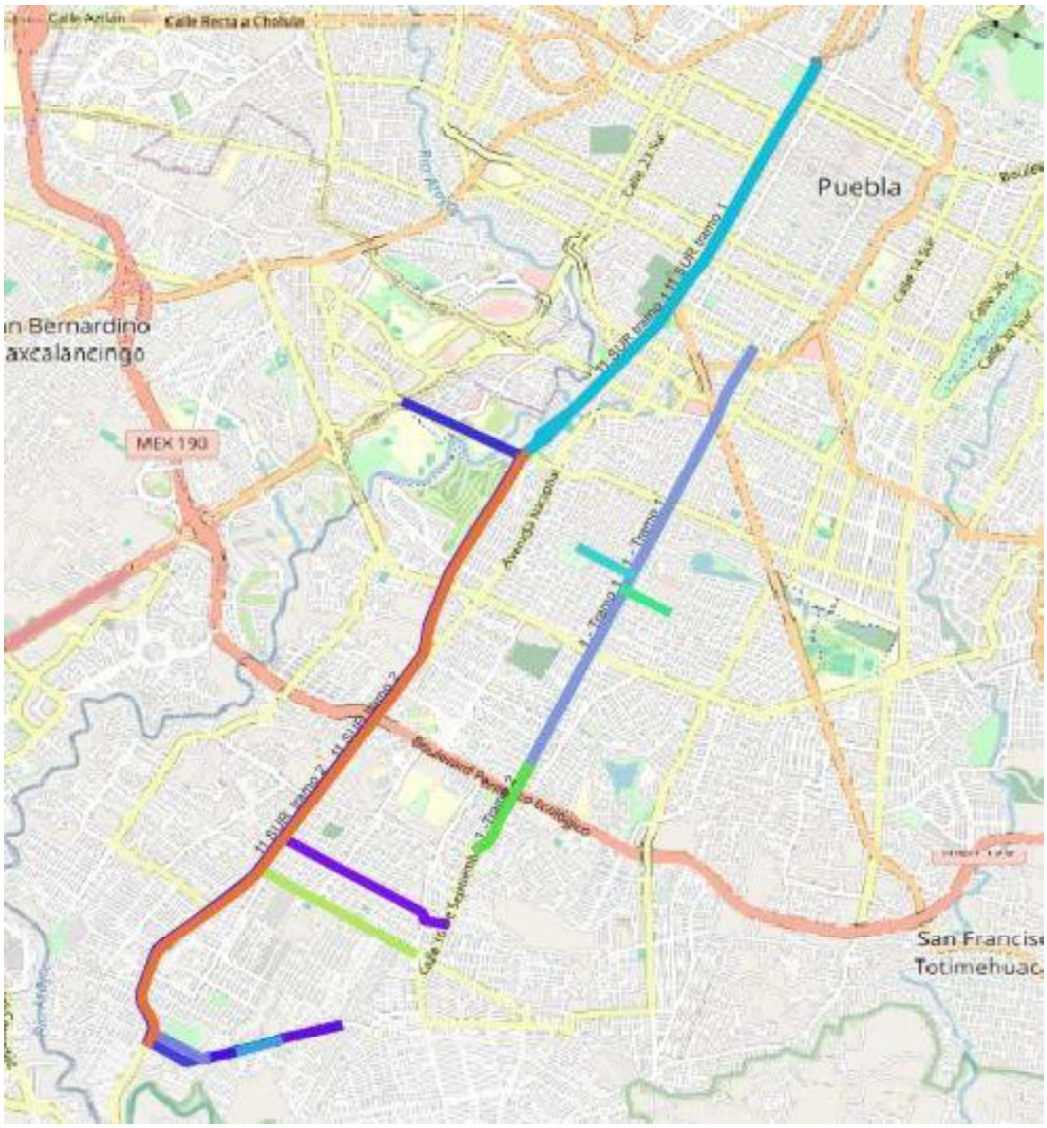
Elaboración propia

9.2.2 Infraestructura Ciclista en 11 Sur

En la actualidad, los carriles exclusivos de los buses en al 11 Sur, son usados por los ciclistas para sus desplazamientos. Esto dificulta la operación del sistema RUTA, así como pone en peligro la integridad de los ciclistas. De allí la necesidad de incluir una ciclovía a lo largo de esta vialidad.

La figura que sigue muestra los tramos donde se proponen ciclovías en la 11 Sur y 16 de septiembre. Es importante destacar que en la Av. 16 de septiembre ya existe una ciclovía en el tramo entre las Calles 109B Oriente y la Av. 3 Sur.

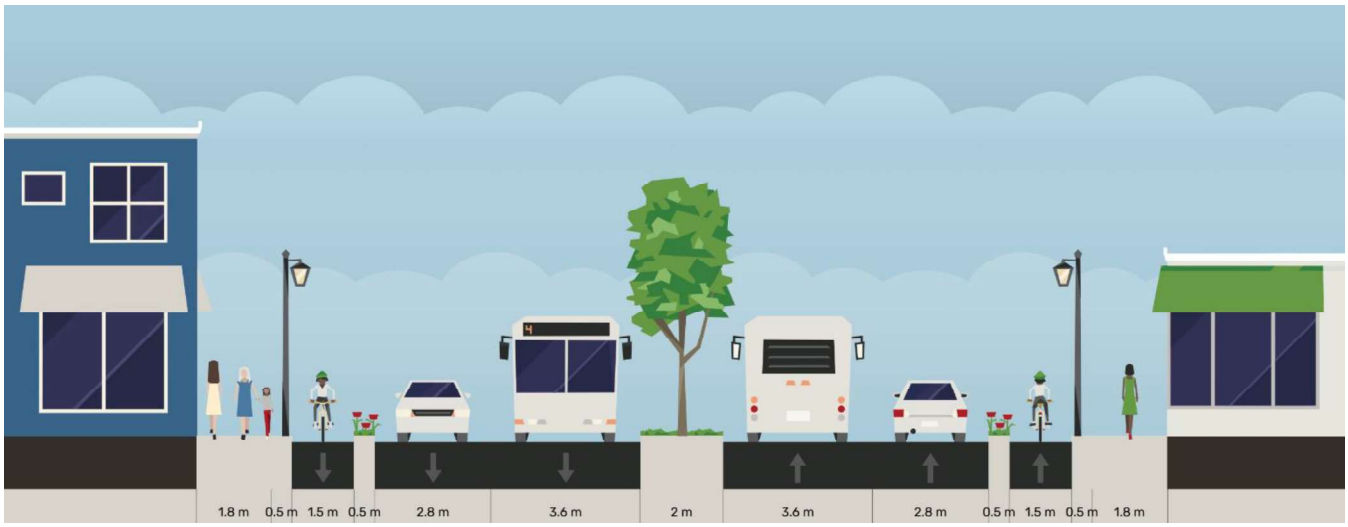
Figura 112. Tramos de la 11 Sur y 16 de septiembre con propuestas de ciclovías



Elaboración propia con información de la Secretaría de Movilidad de Puebla

A continuación, se muestran las secciones transversales propuestas para la inserción de estas ciclovías.

Figura 113. Sección propuesta para 11 Sur, tramo 1 y tramo 2



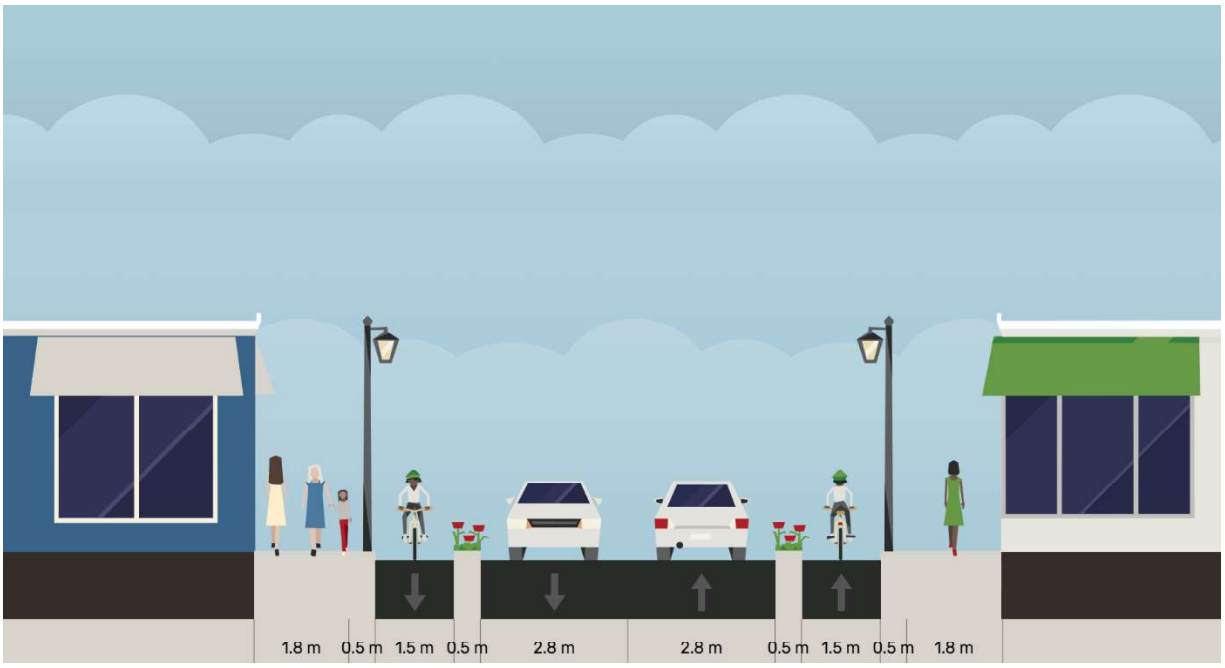
Elaboración propia

En estos tramos de la 11 Sur, se propone la sección general ilustrada arriba, la inclusión de una ciclovía de 1.5 metros de ancho. El espacio vial queda distribuido de la siguiente forma: un carril por sentido para el tránsito general, un carril exclusivo por sentido para RUTA, ciclovías unidireccionales a la derecha y banquetas adecuadas.

La vialidad presenta diversas secciones, con calles de servicio en algunos tramos. Sin embargo, la sección general propuesta es la ya descrita, la cual es factible de implantar en cualquiera de los tramos.

Al extremo sur, la ciclovía de la Av. 11 Sur continua por la Av. Atlixco y Av. Luis Donaldo Colosio. Ambas calles son en doble sentido, por lo que para cada una de estas calles se propone la sección mínima que sigue.

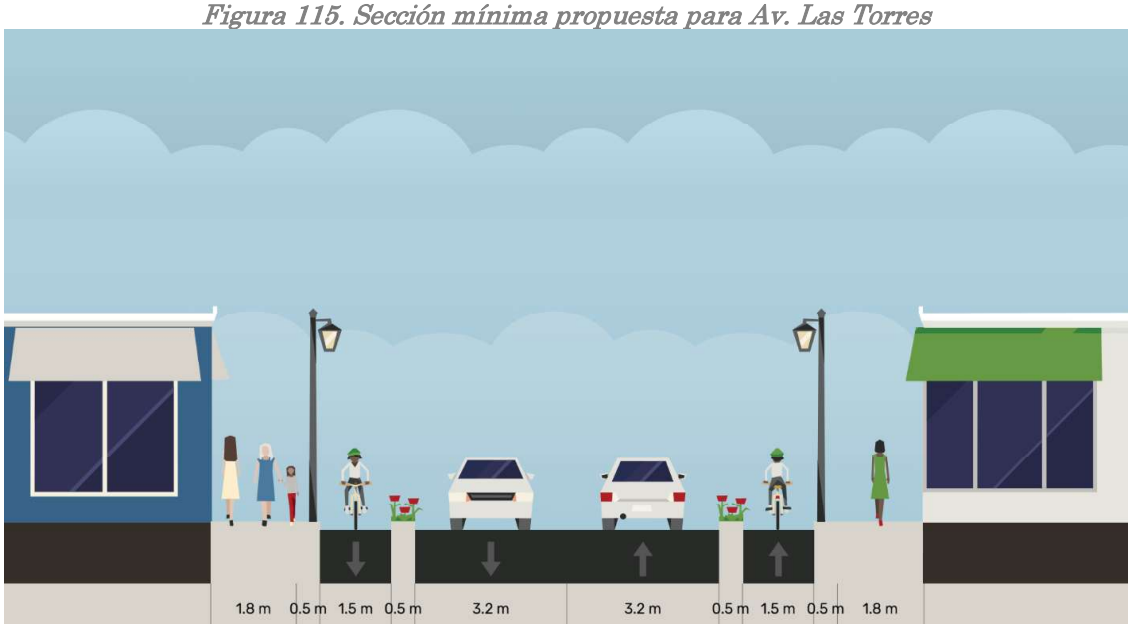
Figura 114. Sección propuesta para las Calles Atlixco y Donaldo Colosio



Elaboración propia

Por último, la ciclovía esta propuesta para seguir por la Av. Las Torres. Sin embargo, en el tramo propuesto, esta vía requiere de intervenciones mayores, como la homogeneización de la sección, la construcción de banquetas y el respectivo señalamiento. Se propone una sección mínima como la que se ilustra a continuación.

Figura 115. Sección mínima propuesta para Av. Las Torres



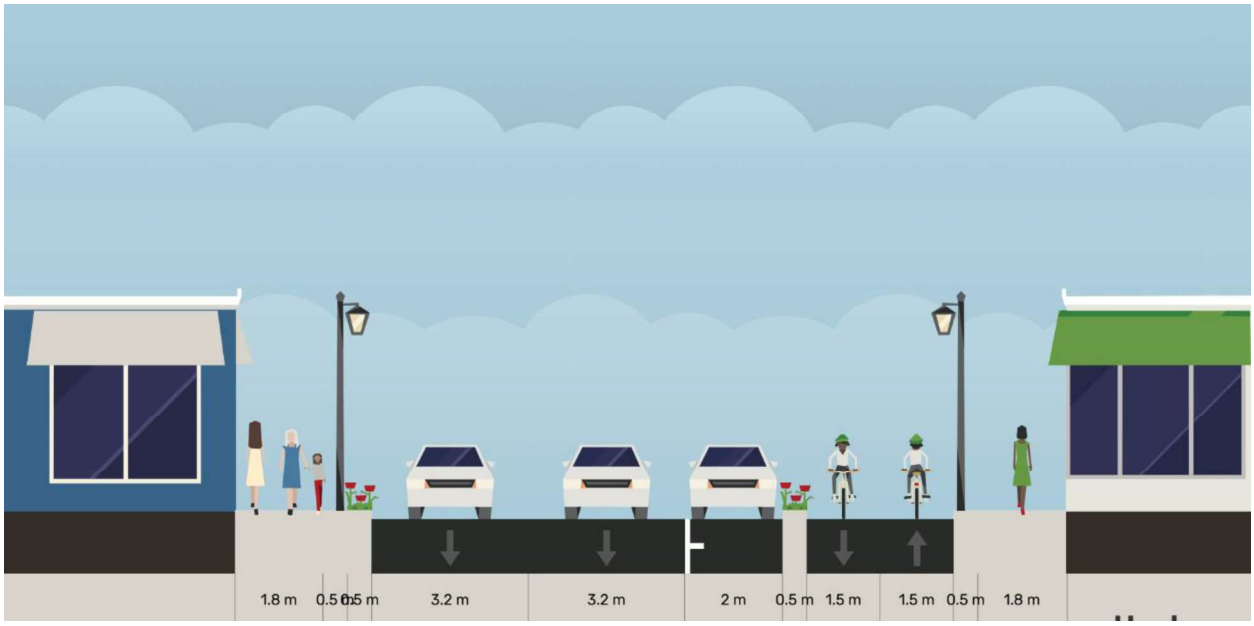
Elaboración propia

Importante destacar que la Av. De las Torres tiene pendientes medias.

9.2.3 Av. 16 de septiembre

Esta avenida es de un solo sentido al norte en el tramo entre las avenidas Carlos Camacho y 43 Poniente. Para protección de los ciclistas y para incluir una ciclovía bidireccional en este tramo, se propone eliminar totalmente el estacionamiento de un lado de la vía y reconfigurar los carriles de la siguiente forma ilustrada en la figura.

Figura 116. Sección vial propuesta en Av. 16 de septiembre entre 43 Poniente y Carlos Camacho



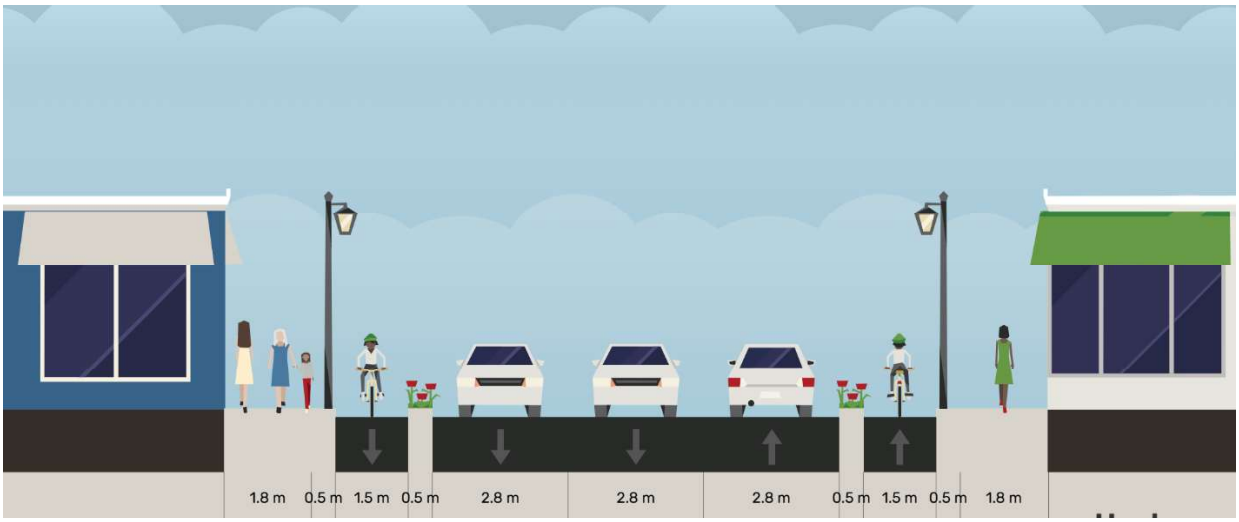
Elaboración propia

Nótese que el estacionamiento permitido a un lado de la calle ofrece protección a los ciclistas.

El segundo tramo, entre la Av. Carlos Camacho y Av. 105 Poniente es de doble sentido, con tres carriles de circulación (2 al norte, uno al sur) y estacionamiento a ambos lados por la mayoría del tramo.

Para insertar las ciclovías, se propone eliminar totalmente el estacionamiento a ambos lados de la vía. La figura que sigue muestra la sección propuesta.

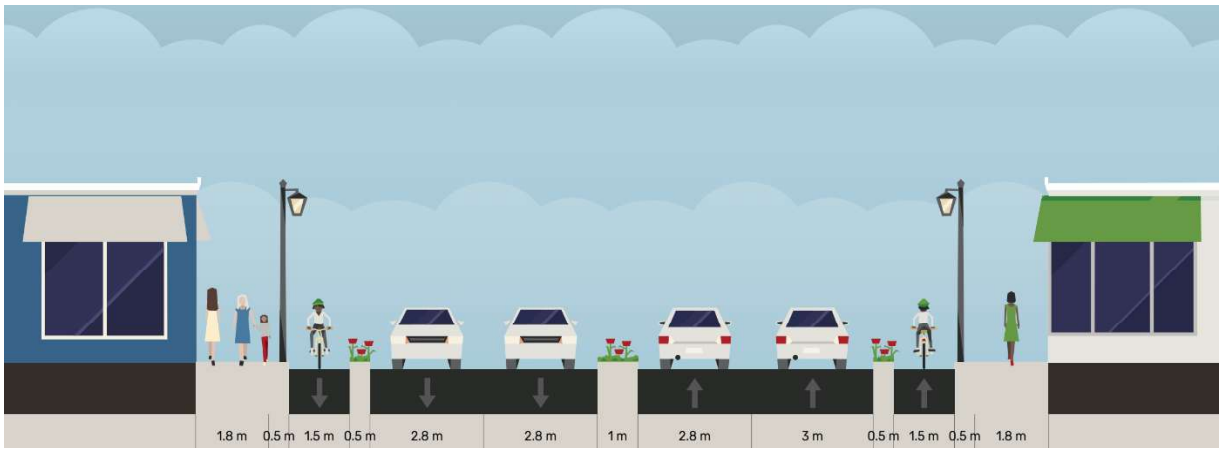
Figura 117. Sección propuesta para 16 de septiembre entre Carlos Camacho y 105 Poniente



Elaboración propia

En el tramo entre 105 Poniente y Calle 121 Oriente, esta vialidad tiene tres carriles por sentido con camellón de ancho variable y banquetas subestándar. Se propone la sección que se ilustra a continuación.

Figura 118. Sección propuesta en 16 de septiembre, entre 105 Poniente y 121 Oriente



Elaboración propia

En la intersección con el Anillo Periférico Ecológico hay que incluir revos de reducción de velocidad para los vehículos que se desincorporan e incorporan al 16 de septiembre, debido al conflicto entre ciclistas y vehículos.

Se proponen conexiones ciclistas entre la 11 Sur y la 16 de Septiembre, entre las cuales destacan las siguientes:

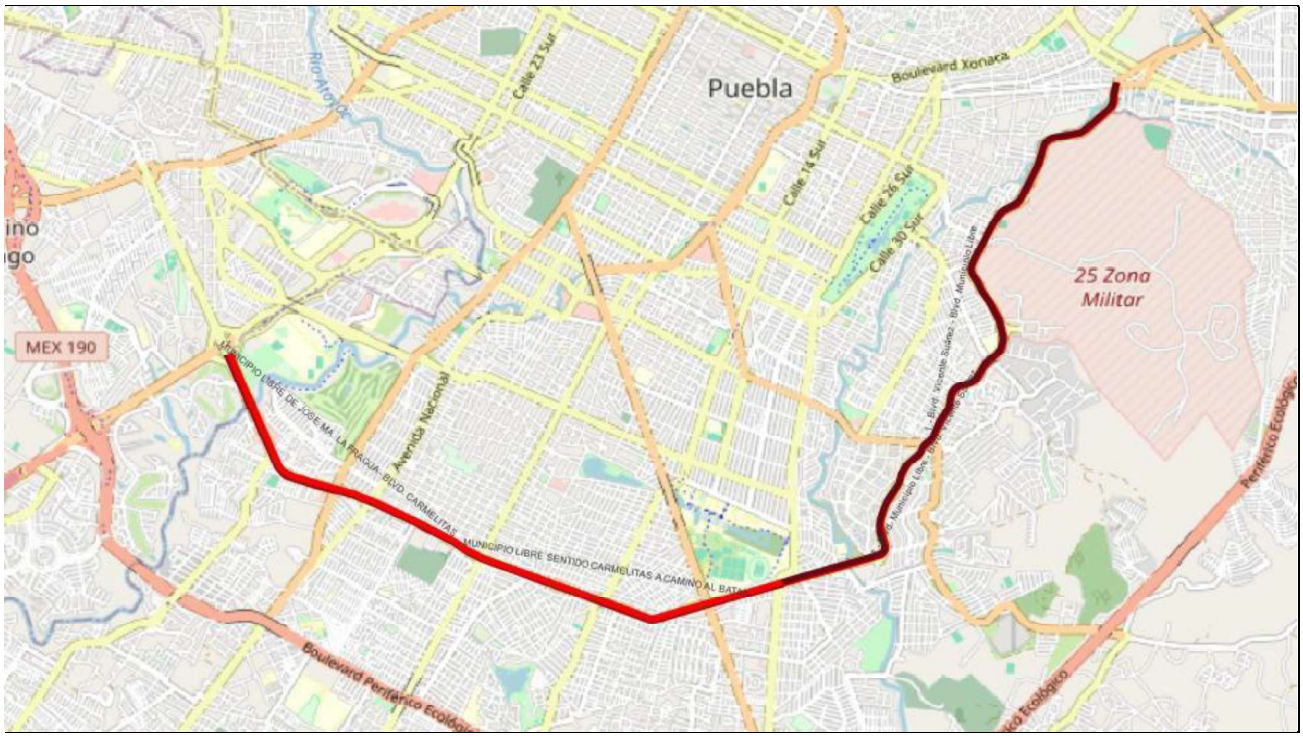
- Conexión ciclista por Miguel Hidalgo

- Conexión ciclista por 135 Poniente

9.2.4 Av. Municipio Libre

Se proponen ciclovías a lo largo de Municipio Libre desde Bulevar Vía Atlixcáyotl hasta Av. 14 Oriente (ver Figura 119).

Figura 119. Propuesta de ciclovía a lo largo de la Av. Municipio Libre



Elaboración propia

A lo largo de esta vialidad se propone una sección como la siguiente.

Figura 120. Sección propuesta para Municipio Libre

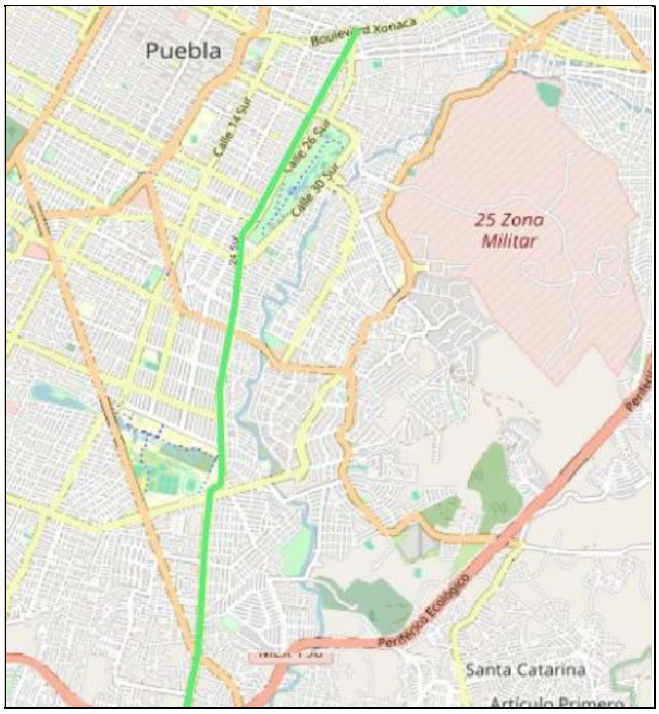


Elaboración propia

9.2.5 24 Sur

Se propone incluir una ciclovía a lo largo de la Av. 24 Sur entre el Bulevar Xonaca y el Periférico Ecológico.

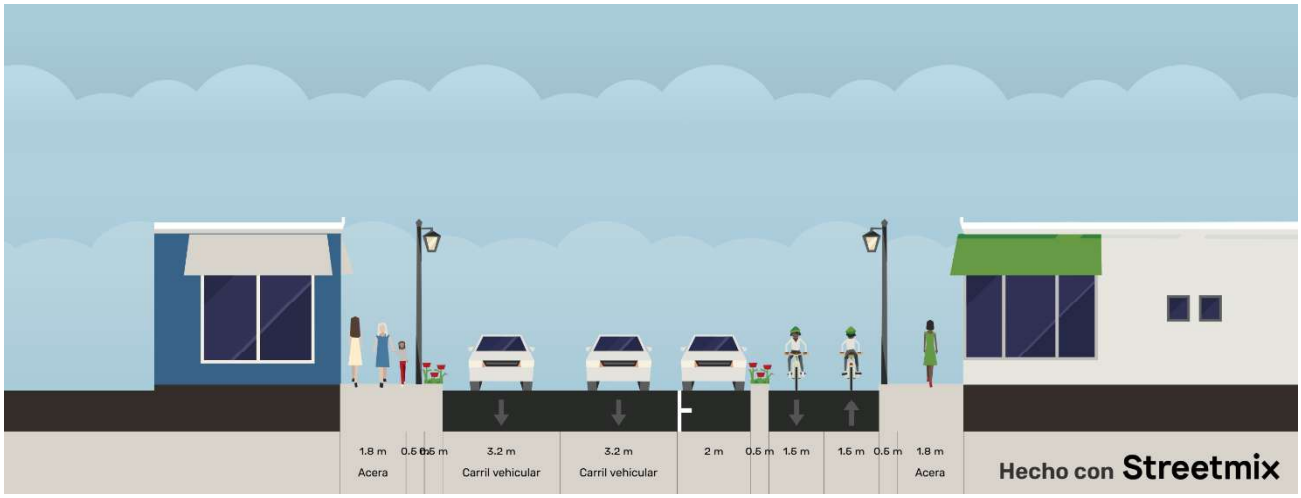
Figura 121. Tramo de la 24 Sur con propuesta de ciclovía



Elaboración propia

En el tramo entre Bulevar Xonaca y Avenida 17 Oriente la ciclovía se propone en una vialidad de un solo sentido norte – sur. La sección propuesta en este tramo se ilustra en la figura que sigue.

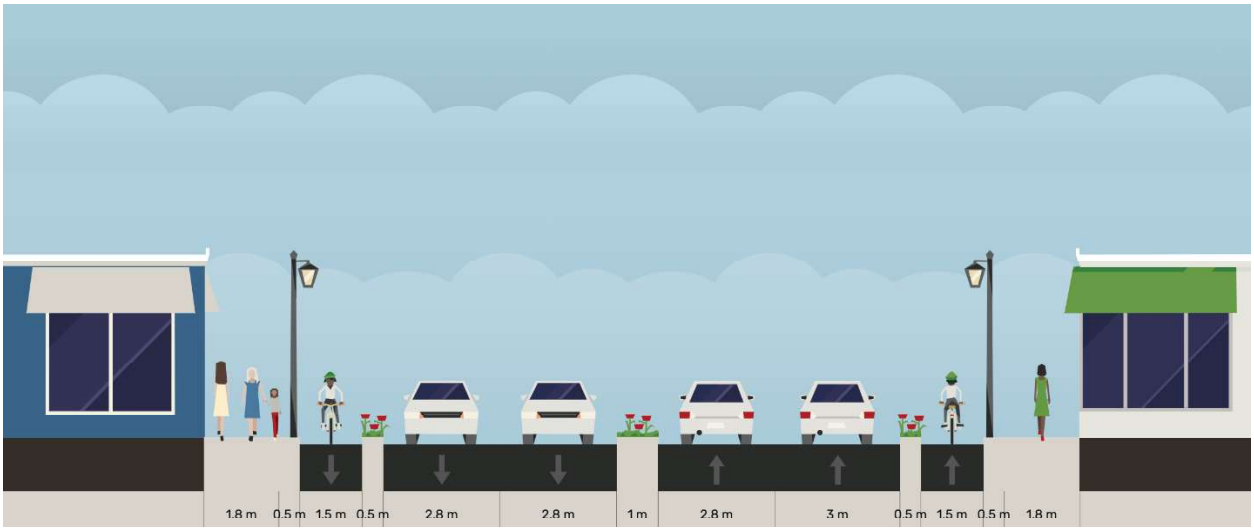
Figura 122. Sección propuesta para la Av. 24 Sur, entre Bulevar Xonaca y 17 Oriente



Elaboración propia

De la 17 Oriente al sur la 24 Sur es de doble sentido con una separación de ancho variable. La figura que sigue muestra la sección mínima propuesta para este tramo.

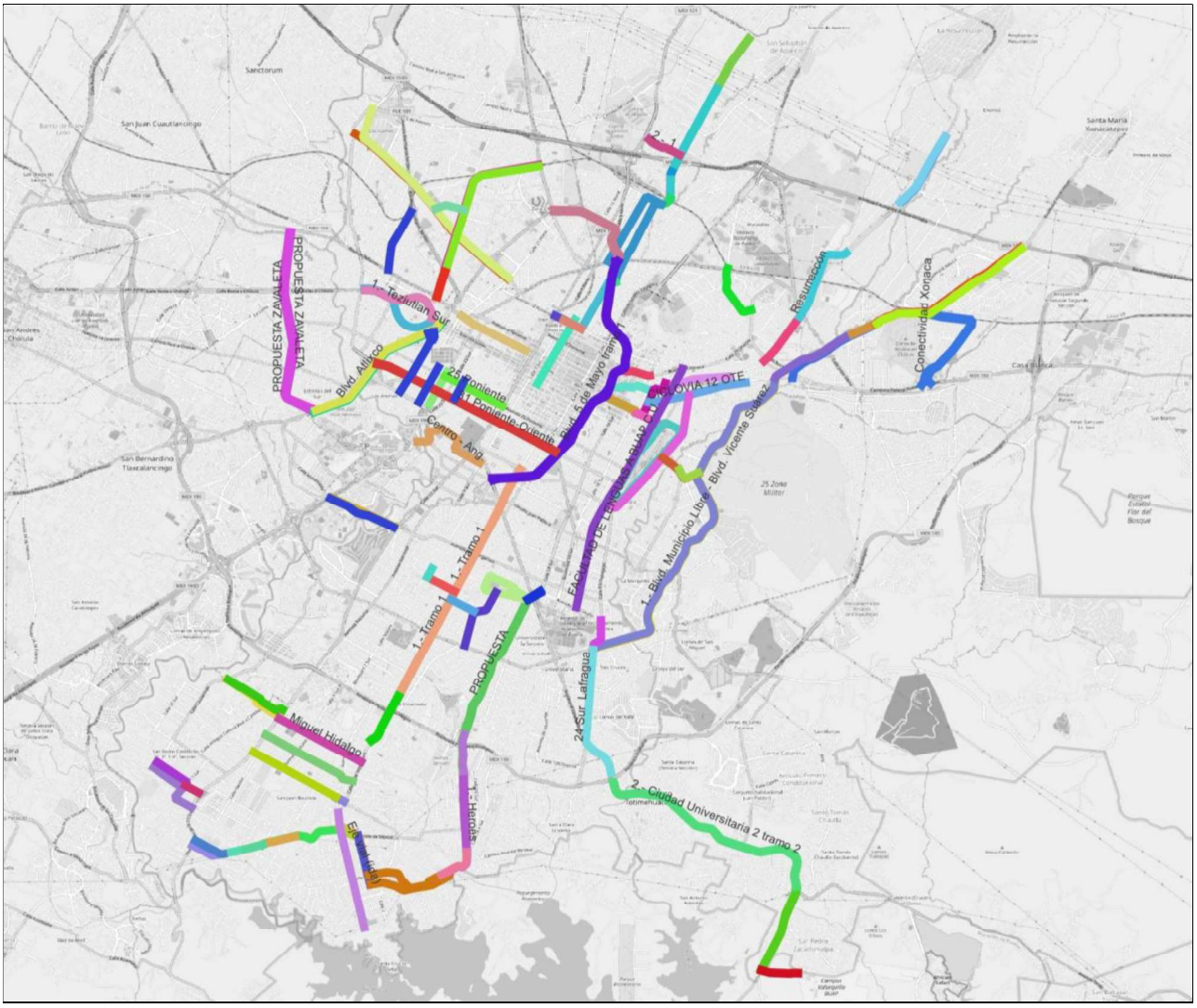
Figura 123. Sección propuesta para la 24 Sur, tramo sur



Elaboración propia

El resto de ciclovías son pequeños tramos que se proponen para establecer la conectividad de la red de ciclovías. La figura que sigue muestra estos tramos para que se pueda apreciar la magnitud de las intervenciones, para lograr la conectividad: pequeños tramos que establecen la conexión en la red de ciclovías.

Figura 124. Tramos de ciclovías para establecer conectividad en la red



Elaboración propia con información de la Secretaría de Movilidad de Puebla

10 PLAN DE TRANSPORTE PÚBLICO INDIVIDUAL

En las secciones que siguen se hace una breve descripción del sistema de transporte público individual (taxis) y se hacen recomendaciones para su crecimiento y gestión.

10.1 PADRÓN DE VEHÍCULOS PARA EL TRANSPORTE INDIVIDUAL - TAXIS

Se presenta a continuación una breve descripción del padrón de vehículos de transporte individual del estado.

10.1.1 Padrón de vehículos de taxi convencional

En la actualidad hay un total de 12,589 taxis registrados en la ZMP distribuidos de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 74. Taxis convencionales registrados en la ZMP

Municipio	Taxis registrados
AMOZOC	183
CORONANGO	83
CUAUTLANCINGO	430
JUAN C. BONILLA	72
OCOYUCAN	54
PUEBLA	11476
SAN ANDRES CHOLULA	117
SAN GREGORIO ATZOMPA	9
SAN MIGUEL XOXTLA	6
SAN PEDRO CHOLULA	152
TLALTENANGO	7
Total general	**12589**

Elaboración propia con información de la Secretaría de Movilidad de Puebla

Mas del 90% de los taxis convencionales de la ZMP están registrados en el municipio de Puebla, como lo muestra la figura que sigue.

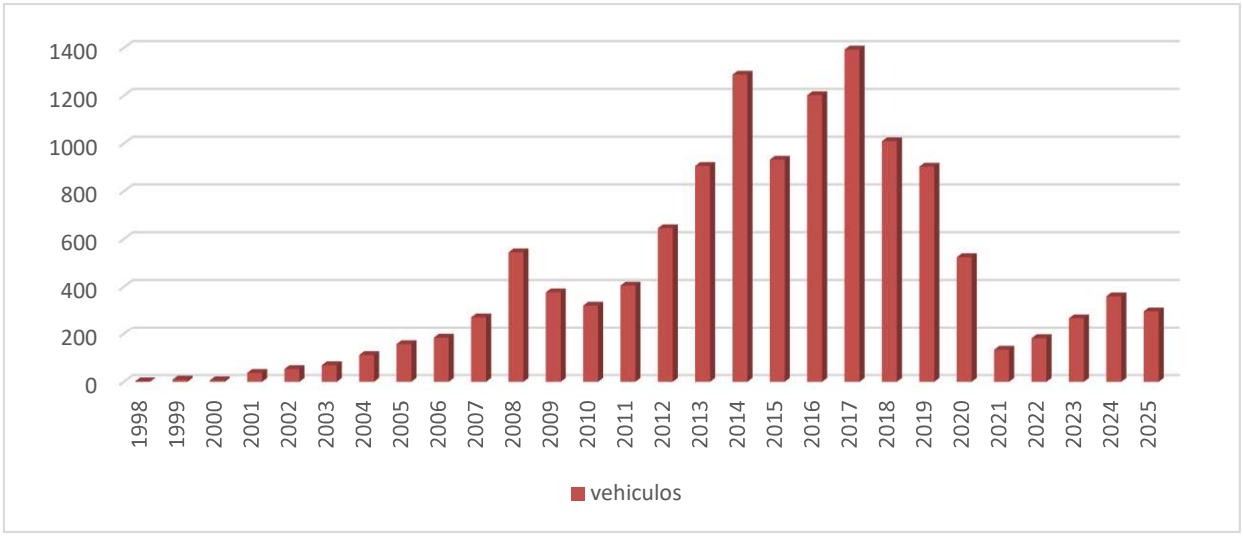
Figura 125. Distribución de registro de taxis convencionales



Elaboración propia con información de la Secretaría de Movilidad de Puebla

La edad promedio de los taxis convencionales es de 11 años, distribuidos por año de manufactura como se muestra a continuación.

Figura 126. Distribución de año de manufactura de taxis convencionales

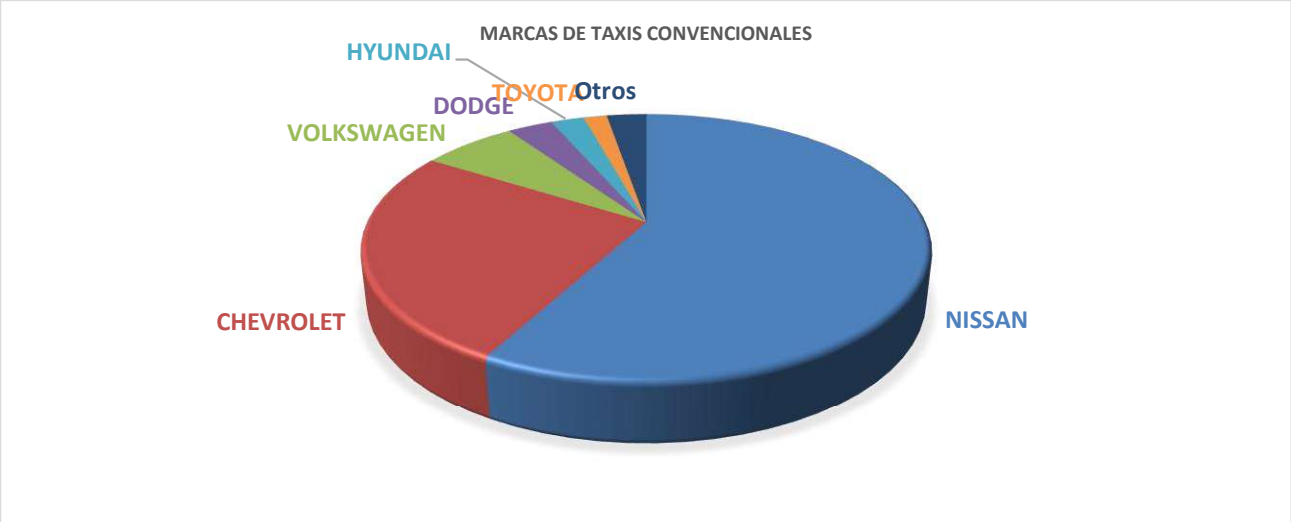


Elaboración propia con información de la Secretaría de Movilidad de Puebla

El año predominante es el 2017.

En lo que respecta a marcas, la predominante es NISSAN, con 58% de participación, como lo muestra la figura que sigue.

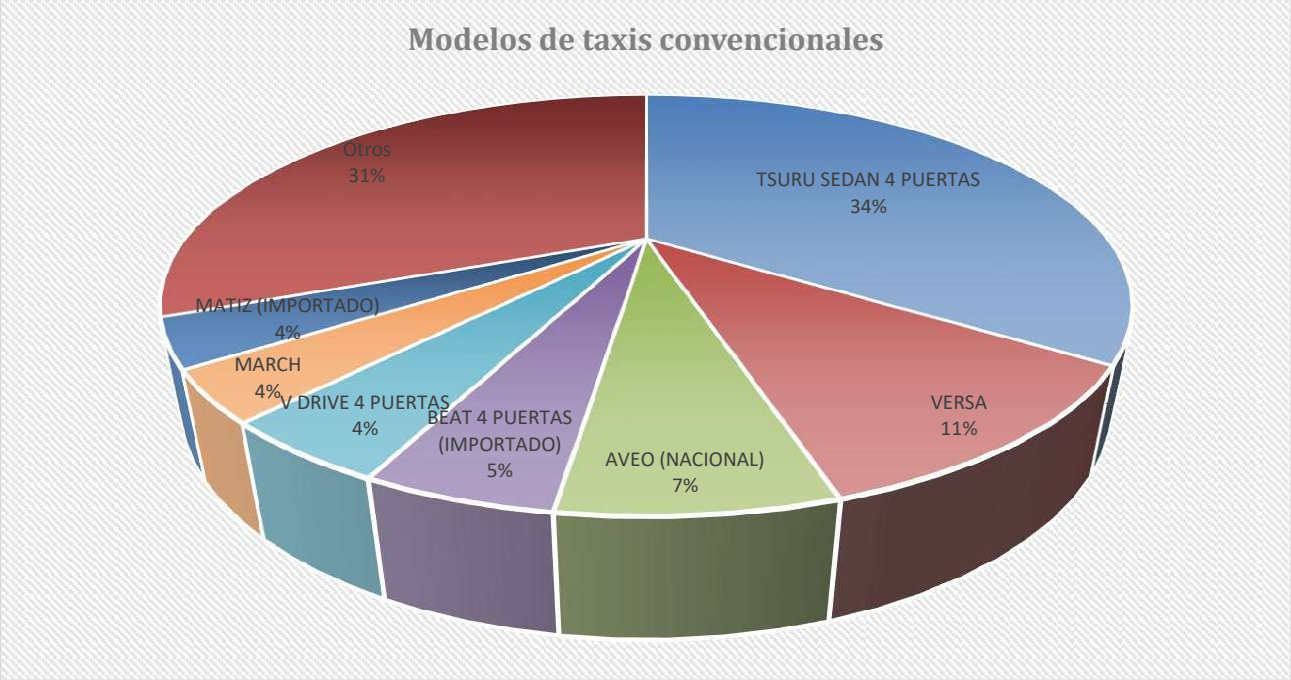
Figura 127. Distribución de marcas de vehículos de taxis convencionales



Elaboración propia con información de la Secretaría de Movilidad de Puebla

Y en lo que respecta a modelos, el NISSAN Tsuru sigue siendo el predominante en el sistema de taxis convencionales.

Figura 128. Distribución de modelo de vehículos en el sistema de taxi convencional



Elaboración propia con información de la Secretaría de Movilidad de Puebla

Siguen las características del padrón de vehículos del taxi ejecutivo.

10.1.2 Padrón de vehículos de taxi ejecutivo

En los últimos 10 años el servicio especial de transporte ejecutivo, conocido también como servicio de transporte privado con conductor (ó ERT – Empresas de Redes de Transporte) "contratado" a través de plataformas y sus dispositivos tecnológicos mediante teléfono celular "Smartphone", ha incrementado su presencia en las principales ciudades del mundo, esencialmente por la accesibilidad de la tecnología, en la que prácticamente cualquier persona con un teléfono celular y con acceso a internet puede requerir los servicios de taxi por aplicación.

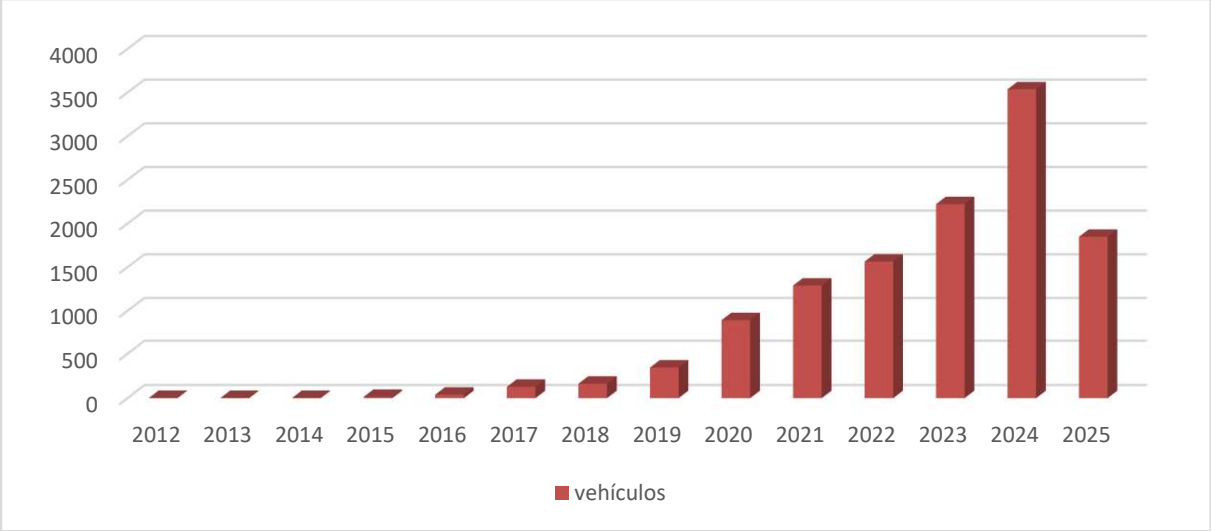
Dentro de la "web" o "nube" se encuentran alojadas un sin número de aplicaciones tecnológicas –a nivel mundial- que tienen como función principal la contratación de servicios de transporte, encontrando que las más populares o con mayor número de descargas por parte de usuarios se encuentran las denominadas Uber, Cabify y Didi, que son las de mayor presencia en el Estado.

Las aplicaciones ofrecen información sobre el conductor y el auto y permiten que los usuarios compartan su viaje con personas de su entorno, lo que hace que este tipo de servicio se considere como más seguro.

En la actualidad hay un total de 12,056 permisos registrados como taxi ejecutivo y de aplicación. Es prácticamente la misma cantidad que los de servicio convencional.

Una de las diferencias que más resalta del taxi ejecutivo comparado con el taxi convencional, es la edad de los vehículos. Los vehículos de taxi ejecutivo promedia 2.25 años de antigüedad. La figura que sigue muestra la cantidad de registros por año de manufactura del vehículo. El año predominante es el 2024.

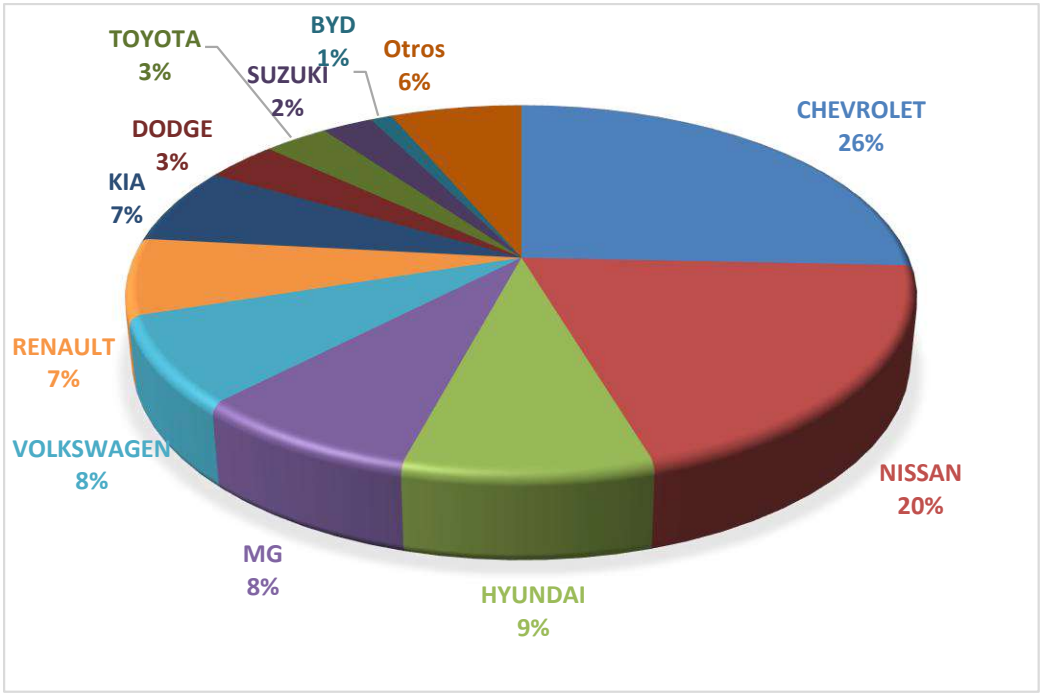
Figura 129. Distribución de año de manufactura de taxis ejecutivos



Elaboración propia con información de la Secretaría de Movilidad de Puebla

La marca predominante de los vehículos de taxi ejecutivo es Chevrolet, seguida de NISSAN.

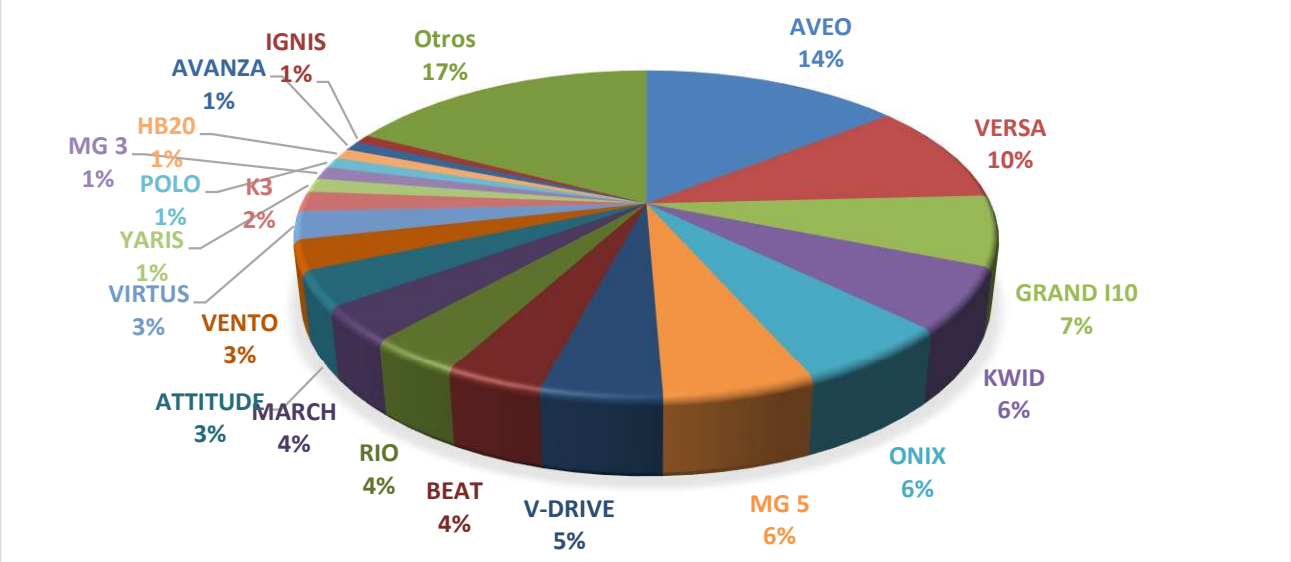
Figura 130. Distribución de marcas del taxi ejecutivo



Elaboración propia con información de la Secretaría de Movilidad de Puebla

Con respecto al modelo, Aveo y Versa son los modelos más usados.

Figura 131. Distribución de modelos de vehículos en el sistema de taxis ejecutivos



Elaboración propia con información de la Secretaría de Movilidad de Puebla

Son en total 24,645 los taxis registrados en la ZMP sean convencionales o ejecutivos, lo que equivale a decir que hay un taxi para cada 93 habitantes de la ZMP.

Es importante destacar que muchos taxis registrados como convencionales (sobre todo los más nuevos) usan apps para prestar servicio, por lo que en el total anterior puede haber duplicación, ya que el registro de taxis ejecutivos proporcionado no incluye placas u otra variable que permita diferenciarlos del registro de taxis convencionales.

10.2 PRONÓSTICO DE DEMANDA DEL SERVICIO DE TAXI

En esta sección se presenta la hipótesis sobre las variables explicativas de la demanda de taxi y servicio ejecutivo. Luego se presentan los argumentos que soportan a la hipótesis.

Como hipótesis, se identifican dos variables principales que inciden en la demanda del servicio público de transporte de alquiler sin ruta (taxi) y del servicio especial de transporte ejecutivo:

- Población del municipio
- Densidad de población por municipio

Los argumentos son los siguientes:

Se asume qué a más población, mayor demanda por el servicio de taxis. El argumento que lo soporta esta hipótesis está en la relación entre el padrón de taxis y la población del Municipio.

Por razones de oferta y demanda (que es una teoría comprobada), es lógico suponer de qué habrá un mayor número de concesiones y permisos donde la demanda es mayor.

En la tabla que sigue se muestra el total de registros de taxi convencional. El padrón de los permisos de vehículos para el servicio ejecutivo no identifica el municipio de origen, por lo que no entra en la tabla.

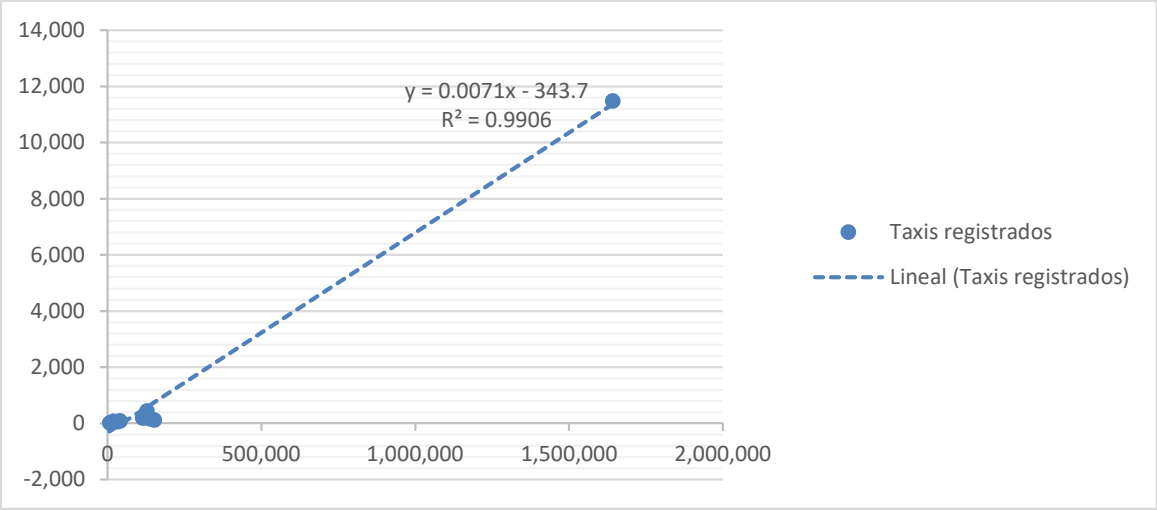
Tabla 75. Taxis convencionales por municipio

Municipio	Población	Taxis registrados
Amozoc	114,172	183
Coronango	41,231	83
Cuautlancingo	128,586	430
Juan C. Bonilla	19,222	72
Ocoyucan	33,365	54
Puebla	1,641,278	11,476
San Andrés Cholula	152,465	117
San Gregorio Atzompa	9,125	9
San Miguel Xoxtla	12,060	6
San Pedro Cholula	136,779	152
Tlaltenango	7,084	7

Elaboración propia con información de la Secretaría de Movilidad de Puebla e INEGI

La correlación simple entre los dos conjuntos de datos es de 0.995, lo que indica una fuerte correlación. En la figura que sigue se muestra el gráfico de dispersión y el cuadrado de la correlación de Pearson para la relación entre padrón y población.

Figura 132. Correlación entre población y número de taxis convencionales

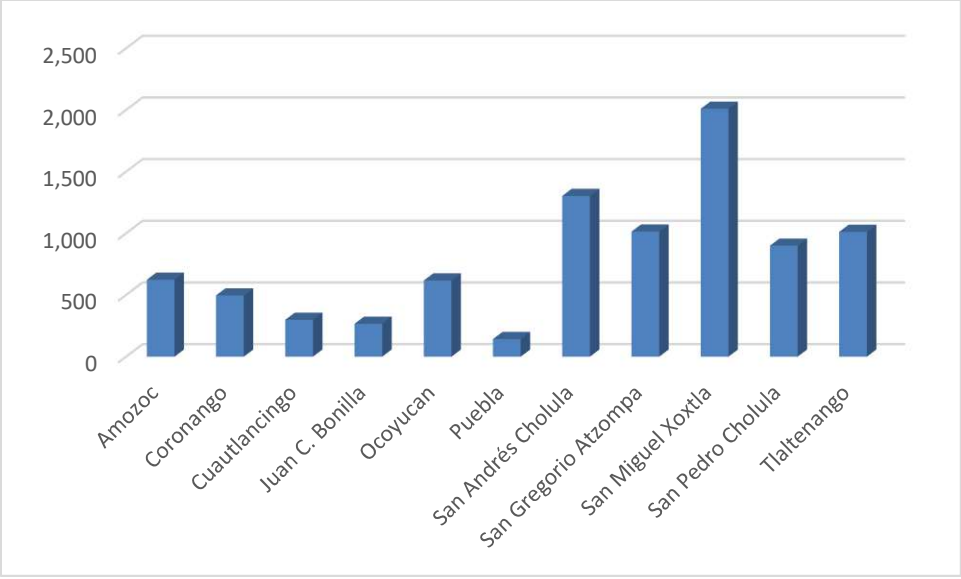


Elaboración propia

Como muestra la figura, existe una fuerte correlación entre la población y los vehículos registrados en el padrón de taxis del estado. Esto nos lleva a considerar qué sí existe una relación entre demanda y población.

Ahora bien, en la figura que sigue se muestra el número de habitantes por concesión o permiso de taxi, para cada Municipio.

Figura 133. Habitantes por taxi convencional



Elaboración propia

La gráfica anterior muestra que la relación entre habitantes y registros de taxis no es homogénea. Al estar la mayoría de los taxis registrados en el Municipio de Puebla, este municipio presenta la menor relación habitantes / taxis.

Para relacionar población y demanda de taxis, se realizó una simulación multimodal de transporte con el software TRANUS con dos escenarios de población. En la sección que sigue se muestran los resultados de esta simulación.

10.2.1 Simulación de la demanda de taxis

La figura que sigue muestra gráficamente la asignación de pasajeros en el modo taxi en la red vial de la ZMP. Como muestra la figura, la demanda por taxi se acentúa en la zona centro del Municipio de Puebla.

Figura 134. Asignación de pasajeros al modo taxi en la ZMP, Hora de Mayor Demanda



Elaboración propia

Para evaluar el impacto del crecimiento de la población en la demanda de taxi, se simularon dos escenarios:

- Escenario 2020, con la población del censo 2020 en los AGEB´s de los municipios de la ZMP
- Escenario 2026, con la población proyectada al 2025 de acuerdo a CONAPO, en los AGEB¨s de los municipios de la ZMP.

La tabla que sigue muestra la población codificada en el modelo para cada escenario mencionado arriba.

Tabla 76. Población por escenario de simulación

Estrato	Población en ZMP	
	2020	2025
Bajo	1,216,482	1,282,172
Alto	1,058,994	1,116,180
Total	2,277,496	2,400,378

Elaboración propia

En el cuadro que sigue se muestran los resultados de la simulación en lo que respecta a taxis. Para cada escenario se incluye:

- Abordajes en horas de mayor demanda
- Kilómetros recorridos por taxis en la hora de mayor demanda
- Número de taxis requeridos para proveer el servicio en horas de mayor demanda

Tabla 77. Indicadores de demanda y operación en horas de mayor demanda, simulación TRANUS

Año de simulación	Abordajes en taxi	Km. recorridos	Número de taxis
2020	47,212	135,937.55	22,482
2025	52,700	145,910.98	25,095

Elaboración propia

De acuerdo con los resultados del modelo, durante la hora pico habría un déficit de 450 taxis, incluyendo ambas modalidades (taxis de aplicación y taxis convencionales).

10.3 ESTRATEGIA PARA LA SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL SERVICIO

Se reconoce que es necesario un instrumento que regule y estandarice el servicio de transporte taxi y el servicio ejecutivo

Por lo tanto, se propone la implantación de una estrategia para la supervisión y el control del servicio de taxi y ejecutivo en base a indicadores:

1. Indicadores de planeación y gestión: referentes a la operación de la unidad, indicadores estratégicos de operación y evaluación del sistema. Estos indicadores direccionan la actuación del órgano gestor (Secretaría de Movilidad), aún cuando no generan ningún tipo de sanción al operador.
2. Indicadores de la evaluación del sistema por parte del usuario: referentes a la percepción del usuario sobre la calidad del servicio. En este documento se llaman indicadores de atención al usuario. Estos indicadores son una guía sobre los aspectos que hay que mejorar del sistema.
3. Indicadores de supervisión y control: indicadores sobre la calidad observada del servicio prestado, definidos en la ley y reglamentos del estado, que obligan al operador a que los cumpla. En caso de que estos no sean cumplidos, pueden generar las multas establecidas en el reglamento.

Las tablas que siguen muestran los indicadores recomendados para el sistema.

Tabla 78. Indicadores de planeación y gestión – características de la demanda

Indicadores de características de la demanda	
Estos indicadores están relacionados a las características de los viajes de los usuarios del servicio de taxis o ejecutivos	
1. Índice del promedio de viajes con pasajeros al día por vehículo concesionado o permisado	
Descripción	Se refiere al promedio del total de viajes realizados al día (jornada) por cada concesionario de taxi o de servico ejecutivo.
Métrica y Cálculo	Promedio simple del número de viajes al día (en joranada) por vehículo del servicio de taxi o ejecutivo.
Temporalidad	Mensual y anual
Factores Evaluados	Disponibilidad; Comodidad y conservación; Confiabilidad; **Monitoreo y planeación**; Seguridad; Relación con el usuario; Sustentabilidad; Costo
2. Distancia promedio de los viajes con pasajeros	
Descripción	Es el promedio de las distancias de los viajes con pasajeros realizados por el servicio de taxis y ejecutivos en un municipio y en el estado en total
Métrica y Cálculo	Un promedio simple de las distancias de cada viaje realizado por operador, para el conjunto total de operadores
Temporalidad	Mensual y anual
Factores Evaluados	Disponibilidad; Comodidad y conservación; Confiabilidad; **Monitoreo y planeación**; Seguridad; Relación con el usuario; Sustentabilidad; Costo
3. Promedio de los kilómetros totales recorridos con pasajeros al día	
Descripción	Es el promedio de la suma de las distancias de cada viaje con pasajero para el total de concesiones o permisos de una localidad o del estado en total.
Métrica y Cálculo	Promedio simple de la suma de las distancias de los viajes realizados con pasajeros por cada concesión

Temporalidad	Mensual y anual
Factores Evaluados	Disponibilidad; Comodidad y conservación; Confiabilidad; **Monitoreo y planeación**; Seguridad; Relación con el usuario; Sustentabilidad; Costo

4. Duración promedio de los viajes con pasajeros	
Descripción	Se refiere al promedio en minutos de la duración de los viajes con pasajeros realizados por taxis y servicio ejecutivo
Métrica e Cálculo	Promedio simple del conjunto de viajes
Temporalidad	Mensual y anual
Factores Evaluados	Disponibilidad; Comodidad y conservación; Confiabilidad; **Monitoreo y planeación**; Seguridad; Relación con el usuario; Sustentabilidad; Costo

5. Relación entre el cobro de tarifa y la distancia ó duración del viaje	
Descripción	Se refiere a la correlación que existe entre promedio en minutos de la duración de los viajes con pasajeros realizados por taxis y servicio ejecutivo
Métrica e Cálculo	Correlación simple de la duración del viaje con el cobro por el mismo - correlación simple de la distancia del viaje con el cobro por el mismo
Temporalidad	Mensual y anual
Factores Evaluados	Disponibilidad; Comodidad y conservación; Confiabilidad; Monitoreo y planeación; Seguridad; Relación con el usuario; Sustentabilidad; Costo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 79. Indicadores de planeación y gestión – movilidad diaria

Indicadores de la movilidad diaria	
Este indicador está relacionado con la cantidad total de viajes con pasajeros al día y kilómetros que realizan diariamente taxi o servicios ejecutivos, incluyendo kilómetros en vacío, que conllevan un costo operativo	
1. Total de viajes con pasajeros al día por Municipio	
Descripción	Se refiere al total de viajes realizados por los taxis y servicios ejecutivos al día, por Municipio

Métrica e Cálculo	Promedio simple de los kilómetros recorridos en un día
Temporalidad	Mensual y anual
Factores Evaluados	Disponibilidad; Comodidad y conservación; Confiabilidad; Monitoreo y planeación; Seguridad; Relación con el usuario; Sustentabilidad; Costo

2. Promedio de kilómetros totales diarios recorridos por los vehículos del servicio de taxi y/o ejecutivos	
Descripción	Se refiere al promedio del número de kilómetros recorridos totales (con o sin pasajeros) desde el inicio de la jornada hasta su fin.
Métrica e Cálculo	Promedio simple de los kilómetros recorridos en un día
Temporalidad	Mensual y anual
Factores Evaluados	Disponibilidad; Comodidad y conservación; Confiabilidad; Monitoreo y planeación; Seguridad; Relación con el usuario; Sustentabilidad; Costo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 80. Indicadores de planeación y gestión – jornada y trato del conductor

Indicadores de la jornada de trabajo y trato del conductor	
Este indicador está relacionado con la cantidad total de horas que trabaja un conductor de taxi y su evaluación	
1. Promedio de horas trabajadas por jornada	
Descripción	Se refiere al promedio de trabajo por jornada de los conductores del sistema de taxis y/o del servicio ejecutivo
Métrica y Cálculo	Un promedio simple de las horas totales trabajadas por cada conductor, para el total de taxis y total de servicio ejecutivo
Temporalidad	Mensual y anual
Factores evaluados	Disponibilidad; Comodidad y conservación; Confiabilidad; Monitoreo y planeación; Seguridad; Relación con el usuario

	Sustentabilidad	Costo				

7. Evaluación del conductor						
Descripción	Se refiere a la puntuación que le asigna el usuario al conductor en su dispositivo móvil (solo a través de tecnología instalada)					
Métrica y Cálculo	Promedio de evaluaciones durante un año					
Temporalidad	Anual					
Factores evaluados	Disponibilidad	Comodidad y conservación	Confiabilidad	Monitoreo y planeación	Seguridad	**Relación con el usuario**
	Sustentabilidad	Costo				

Fuente: Elaboración propia

Tabla 81. Indicadores de atención al usuario

Indicadores de atención al usuario						
Estos indicadores están relacionados a las respuestas del usuario a encuestas rápidas anuales y corresponden a la percepción del usuario sobre la calidad del servicio						
1. Número de canales para solicitar el servicio						
Descripción	Se refiere a las respuestas a la pregunta ¿Considera usted que existen varias formas disponibles y fáciles para solicitar el servicio de taxi convencional o taxi ejecutivo? Ejemplo: aplicaciones en celulares, llamada telefónica, solicitud en la calle					
Métrica y Cálculo	Porcentaje de respuestas afirmativas y porcentaje de respuestas negativas					
Temporalidad	Anual					
Factores Evaluados	**Disponibilidad**	Comodidad y conservación	Confiabilidad	**Monitoreo y planeación**	Seguridad	Relación con el usuario

	Sustentabilidad Costo

2. Tiempo de espera por el servicio

Descripción	Es la percepción del tiempo de espera por el servicio y es la respuesta a la pregunta: ¿Cómo percibe el tiempo de espera por el servicio de taxi o servicio ejecutivo?
Métrica y Cálculo	Porcentaje de respuestas en "alto", "adecuado", "rápido"
Temporalidad	Anual
Factores Evaluados	Disponibilidad Comodidad y conservación **Confiabilidad** Monitoreo y planeación Seguridad Relación con el usuario Sustentabilidad Costo

3. Selección de la mejor ruta por parte del conductor

Descripción	Es la respuesta a la pregunta: ¿Considera que los conductores de taxi y servicio ejecutivo seleccionan la mejor ruta (más rápida y segura) para llevar a los pasajeros a su destino?
Métrica y Cálculo	• Porcentaje que responde "siempre" • Porcentaje que responde "casi siempre" • Porcentaje que responde "a veces" • Porcentaje que responde "casi nunca"
Temporalidad	Anual
Factores Evaluados	Disponibilidad Comodidad y conservación **Confiabilidad** Monitoreo y planeación Seguridad Relación con el usuario Sustentabilidad Costo

4. Percepción de seguridad personal

Descripción	Es la respuesta a la pregunta: ¿Considera que el servicio de taxi (o de ejecutivo) ofrece la seguridad personal adecuada?
Métrica e Cálculo	• Porcentaje que responde "si" • Porcentaje que responde "no"
Temporalidad	Anual
Factores Evaluados	Disponibilidad Comodidad y conservación Confiabilidad **Monitoreo y planeación** **Seguridad** Relación con el usuario Sustentabilidad Costo

5. Limpieza de la unidad

Descripción	Respuestas a la pregunta ¿Cómo considera el estado de limpieza de las unidades de taxi (o servicio ejecutivo)?
Métrica e Cálculo	• Porcentaje que responde "malo" • Porcentaje que responde "adecuado" • Porcentaje que responde "bueno"
Temporalidad	Anual
Factores Evaluados	Disponibilidad, **Comodidad y conservación**, **Confiabilidad**, Monitoreo y planeación, Seguridad, Relación con el usuario, Sustentabilidad, Costo

6. Estado físico y mecánico de la unidad

Descripción	Se refiere a la pregunta ¿Considera usted que la unidad de taxi que abordó está en buenas condiciones?
Métrica e Cálculo	• Porcentaje que responde "si" • Porcentaje que responde "regular" • Porcentaje que responde "No"
Temporalidad	Anual
Factores Evaluados	Disponibilidad, **Comodidad y conservación**, **Confiabilidad**, Monitoreo y planeación, Seguridad, Relación con el usuario, Sustentabilidad, Costo

7. Trato del chofer

Descripción	Se refiere a la pregunta ¿Considera el trato del chofer (taxi o ejecutivo) amable y respetuoso?
Métrica y Cálculo	• Porcentaje que responde "Siempre" • Porcentaje que responde "Casi siempre" • Porcentaje que responde "A veces
Temporalidad	Anual
Factores evaluados	Disponibilidad, Comodidad y conservación, Confiabilidad, **Monitoreo y planeación**, Seguridad, **Relación con el usuario**, Sustentabilidad, Costo

8. Presentación del chofer

Descripción	Se refiere a la pregunta ¿Considera el aspecto del conductor (de taxi o ejecutivo) como presentable?
Métrica y Cálculo	• Porcentaje que responde "si" • Porcentaje que responde "la mayoría de las veces" • Porcentaje que responde "a veces"
Temporalidad	Anual
Factores evaluados	Disponibilidad; Comodidad y conservación; Confiabilidad; Monitoreo y planeación; Seguridad; **Relación con el usuario**; Sustentabilidad; Costo

8. Información del taxi

Descripción	¿El vehículo está adecuadamente identificado? (presenta número económico de manera visible)
Métrica y Cálculo	• Porcentaje que responde "si" • Porcentaje que responde "no"
Temporalidad	Anual
Factores Avaliados	Disponibilidad; Comodidad y conservación; **Confiabilidad**; Monitoreo y planeación; Seguridad; Relación con el usuario; Sustentabilidad; Costo

9. Información de la tarifa

Descripción	Respuesta a la pregunta: ¿Existe la forma de obtener un estimado de la tarifa para un viaje determinado?
Métrica y Cálculo	• Porcentaje que responde "si" • Porcentaje que responde "No"
Temporalidad	Anual
Factores Evaluados	Disponibilidad; Comodidad y conservación; **Confiabilidad**; Monitoreo y planeación; Seguridad; Relación con el usuario

	Sustentabilidad Costo
10. Seguimiento de reclamos	
Descripción	Respuesta a la pregunta: En caso de necesidad de un reclamo o solicitar un objeto perdido, ¿Existe una forma efectiva de hacerlo?
Métrica y Cálculo	• Porcentaje que responde "No" • Porcentaje que responde "Si"
Temporalidad	Anual
Factores evaluados	Disponibilidad Comodidad y conservación **Confiabilidad** Monitoreo y planeación Seguridad Relación con el usuario Sustentabilidad Costo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 82. Indicadores de supervisión y control

Indicadores de supervisión y control	
Estos indicadores se refieren a la calidad observada del servicio prestado, definidos en la ley y reglamentos del estado, que obligan al operador a que los cumpla	
1. Resultado de los operativos de supervisión	
Descripción	Se refiere a la proporción de vehículos que pasa el proceso de supervisión, considerados como aceptables para prestar el servicio
Métrica y Cálculo	Porcentaje de vehículos que pasan los operativos
Temporalidad	Anual
Factores Evaluados	Disponibilidad **Comodidad y conservación** **Confiabilidad** Monitoreo y planeación Seguridad Relación con el usuario Sustentabilidad Costo
2. Comparación de la cantidad de concesiones y permisos con respecto a los límites máximos establecidos en la Norma Técnica	
Descripción	Se refiere a la proporción de concesiones o permisos emitidos con respecto al máximo sugerido en cada Municipio
Métrica y Cálculo	Proporción del total de concesiones y permisos con respecto al límite máximo

Temporalidad	Anual					
Factores Evaluados	Disponibilidad	Comodidad y conservación	Confiabilidad	**Monitoreo y planeación**	Seguridad	Relación con el usuario
	Sustentabilidad	Costo				
3. Comparación de la cantidad de dispositivos electrónicos colocados con respecto al total de vehículos existentes en el padrón de taxis y servicio ejecutivo						
Descripción	Se refiere a la proporción de taxis o ejecutivos que tienen instalado el dispositivo electrónico a bordo					
Métrica y Cálculo	Proporción de vehículos concesionados o permisados que tienen instalada la tecnología (dispositivo electrónico) a bordo					
Temporalidad	Anual					
Factores Evaluados	Disponibilidad	Comodidad y conservación	Confiabilidad	**Monitoreo y planeación**	Seguridad	Relación con el usuario
	Sustentabilidad	Costo				
4. Auditoría al mantenimiento y operación de la plataforma del estado						
Descripción	Se refiere a la auditoría de la plataforma única del estado					
Métrica e Cálculo	Estado de la auditoría – pasa o no pasa					
Temporalidad	Anual					
Factores Evaluados	Disponibilidad	Comodidad y conservación	Confiabilidad	**Monitoreo y planeación**	Seguridad	Relación con el usuario
	Sustentabilidad	Costo				

Fuente: Elaboración propia

La implantación de la estrategia de supervisión y control requiere de un significativo fortalecimiento de la Secretaría en aspectos de tecnología. Se propone la instalación de dispositivos electrónicos a bordo de las unidades de taxi, lo que proveería a la Secretaría de importante información. Pero a su vez, debe tener la capacidad de manejar las bases de datos resultantes.

Por otro lado, la única forma de regular la tarifa es con la instalación de dispositivos electrónicos a bordo

Por lo tanto, para la modernización del sistema, se propone la instalación de dispositivos electrónicos estilo Tablet con tecnología celular con las siguientes funciones:

- Video vigilancia vía streaming
- Sistema de localización GPS
- Aplicación para dispositivos móviles (app) que permita la contratación remota del servicio
- Conexión bluetooth
- Función de teléfono
- Capacidad de enlace con cuerpos de seguridad – botón de pánico

Además, se recomienda una plataforma única para dispositivos móviles en el estado – *Taxi Puebla.*

Esta tecnología ofrecería al usuario todas las opciones que ofrecen las plataformas internacionales.

En lo referente al llamado remoto, al igual que en la pantalla del dispositivo, se le presenta al usuario la siguiente información:

- Fotografía y nombre del conductor
- Marca, línea y color de la unidad, con foto de la misma
- Evaluación del conductor
- Ruta preferente para el viaje
- Costo estimado del viaje
- Tiempo estimado del viaje

El dispositivo y la aplicación permite a la usuaria o usuario compartir vía celular la ruta de su viaje, en tiempo real.

La tecnología también permitiría la determinación de indicadores de desempeño y planeación, siendo parte de la estrategia de supervisión y control

El dispositivo y las aplicaciones envían datos vía remota a la central en la Secretaría (o a quien designe el gobierno del estado).

La información permite la determinación de indicadores importantes:

- Número de viajes con pasajeros al día
- Distancia promedio de los viajes con pasajero
- Kilómetros totales recorridos al día con pasajeros
- Kilómetros totales recorridos (con y sin pasajeros)
- Duración promedio de viajes con pasajeros
- Horas trabajadas por jornada
- Relación entre el cobro de tarifa y la distancia o tiempo del viaje

- Evaluación del conductor

Las mejoras y modernización del servicio, permitiría la competencia del servicio regular y ejecutivo con los servicios irregulares de plataformas internacionales, al proveer las mismas

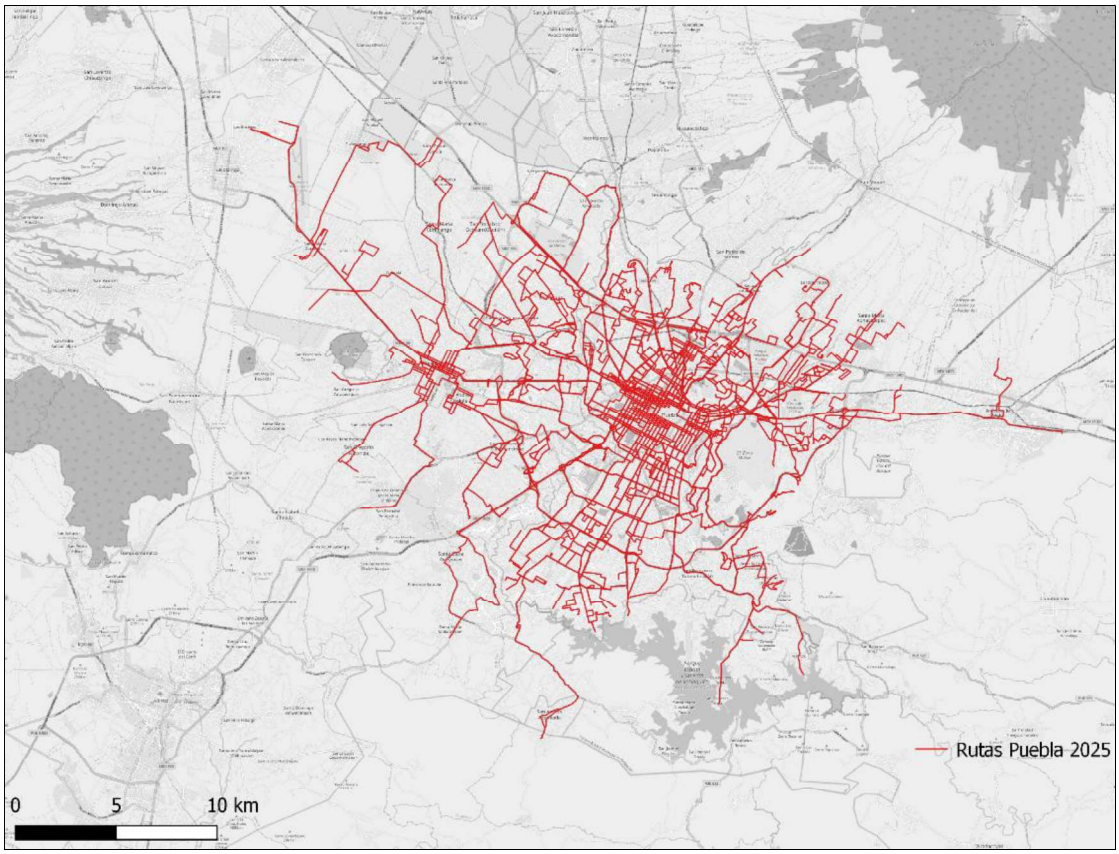
11 OPTIMIZACIÓN DE LA COBERTURA DE RUTAS

En la etapa de portafolio de proyectos para el Plan de Movilidad Urbana de la Zona Metropolitana Del Estado De Puebla **(PMUPU)** se establece una estrategia de optimización del sistema actual de rutas convencionales a través del "**aumento de la cobertura de las actuales rutas por medio de la introducción de nuevas rutas y /o modificación de las rutas actuales".**

El objetivo de la propuesta es brindar el servicio de transporte público a zonas que no cuentan con un servicio regular o que simplemente no tienen el servicio respectivo, por lo que se realizó un análisis exhaustivo de la cobertura actual de las rutas.

Las rutas estudiadas en el diagnóstico para el sistema convencional se identificaron en 163 rutas, las que se representan en la imagen que sigue:

Figura 135.Sistema actual de Rutas convencionales de la Zona Metropolitana de Puebla 2025

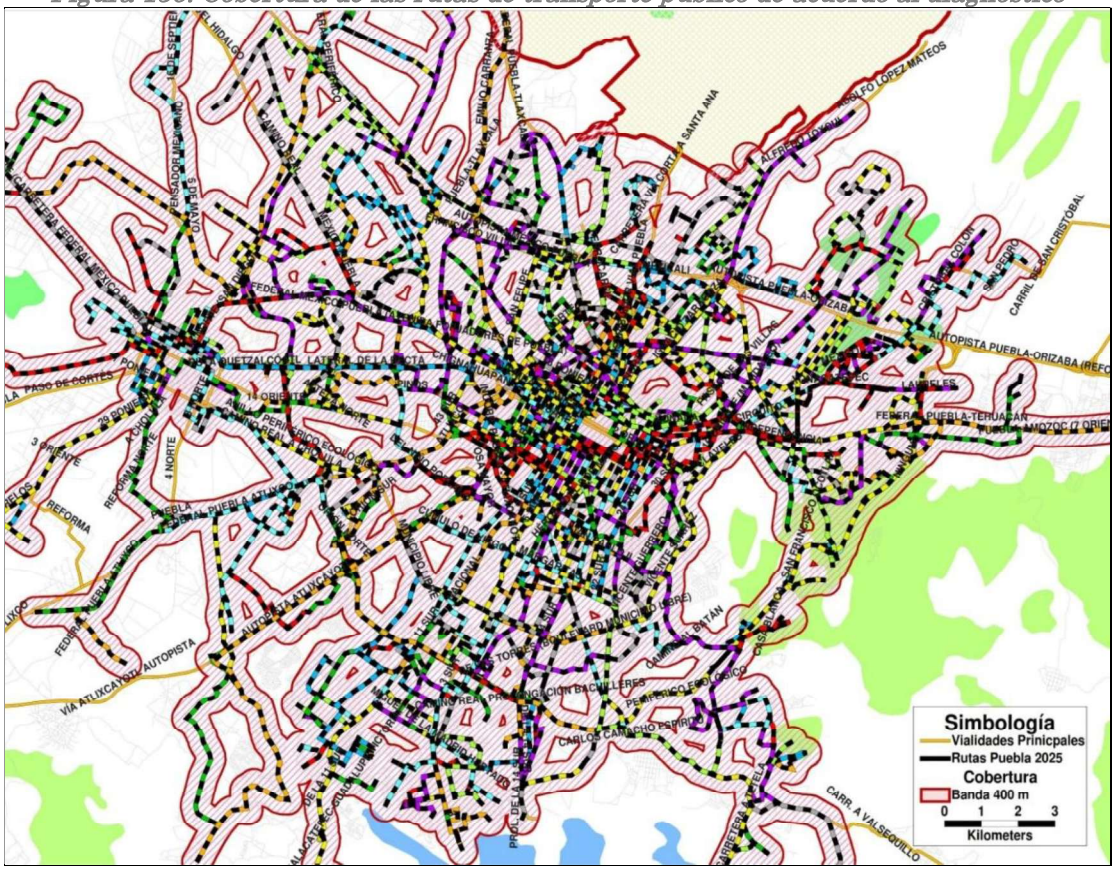


Elaboración propia

En la siguiente figura de cobertura de las rutas de transporte público, se identifica la cobertura existente al momento de realizar el diagnóstico de las rutas identificadas en el inventario de rutas. La cobertura se refiere a un área de 400 metros alrededor de los itinerarios de las rutas. Si bien es cierto que se tiene en total (con todas las rutas) una cobertura de 430km2, que se considera que es una buena cobertura. Sin embargo, a algunas localidades no llega el servicio de

transporte, posiblemente por tener muy bajas demandas y no ser atractivas económicamente para los prestadores del servicio.

Figura 136. Cobertura de las rutas de transporte público de acuerdo al diagnóstico



Fuente: Elaboración propia

Sigue el análisis de las zonas que se identificaron como candidatas a optimizar el servicio de transporte de acuerdo con el diagnóstico:

- San Bernardino Tlaxcalancingo (Municipio San Andrés Cholula)
- Mirador de la Calera (Municipio de Puebla)
- San Francisco Coapan (San Pedro Cholula)
- Ocoyucan (Municipio Ocoyucan)
- San Mateo Mendizábal (Municipio Amozoc)
- Las Cruces La Concepción, San Matías Buena Vista, San José La Laguna (Municipio Amozoc)
- Canoa (Municipio de Puebla)
- Santa María Tecola y San José El Rincón (Municipio de Puebla)

11.1 ANÁLISIS DE LA NECESIDAD DE NUEVAS RUTAS DE TRANSPORTE PÚBLICO

Sigue la metodología del análisis de la necesidad de inclusión de nuevas rutas en las áreas identificadas anteriormente. Dos factores serán considerados para establecer la necesidad de

analizar un área. 1) el área estudiada no tiene rutas o transporte público o parte de ella no tiene cobertura y 2) que la población beneficiada directamente sea superior a 1000 habitantes.

La selección de las áreas a estudiar, por población a beneficiar son:

Tabla 83. Flujos Zona de estudio para agregar y/o modificar rutas

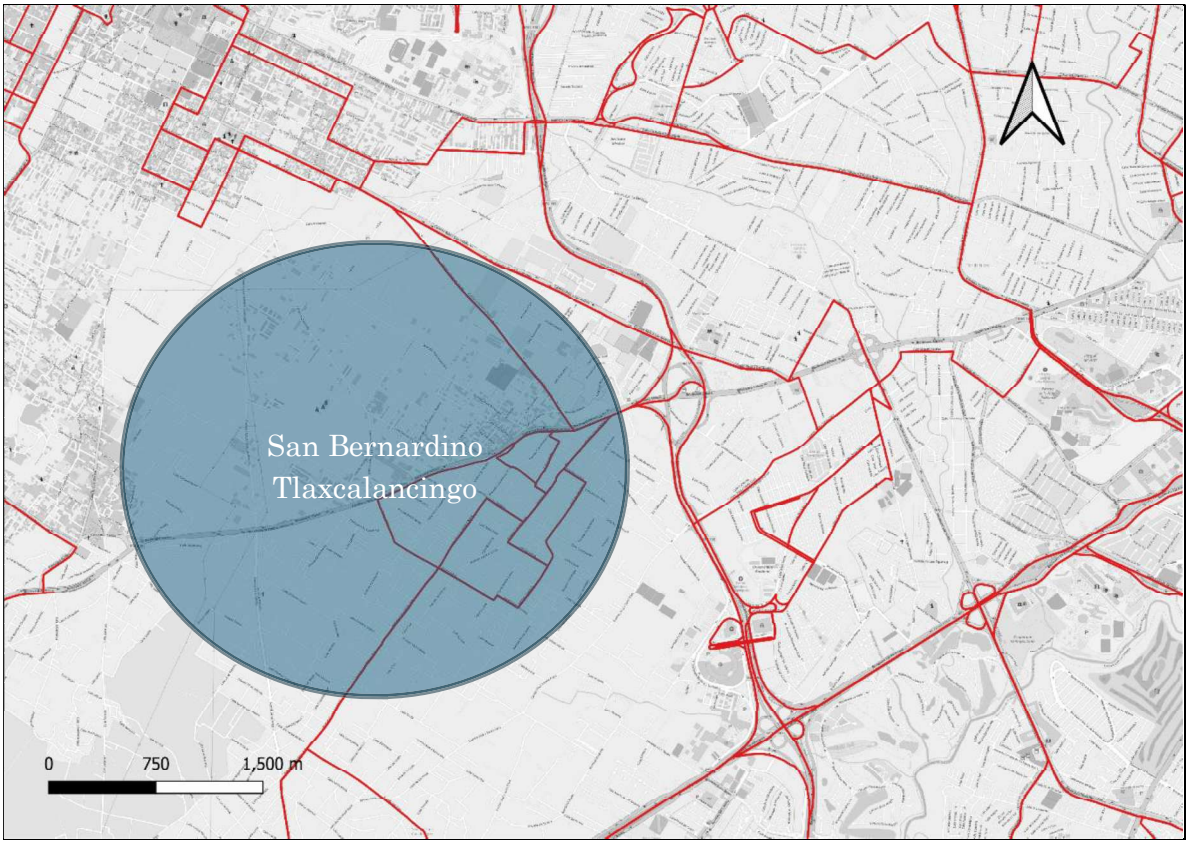
Zona de estudio	Población a beneficiar
San Bernardino Tlaxcalancingo (Municipio San Andrés Cholula)	13,000
Mirador de la Calera (Municipio de Puebla)	4,200
San Francisco Coapan (San Pedro Cholula)	2,750
Ocoyucan (Municipio Ocoyucan)	12,000
San Mateo Mendizábal (Municipio Amozoc)	8,910
Las Cruces La Concepción, San Matías Buena Vista, San José La Laguna (Municipio Amozoc)	4,600
Canoa (Municipio de Puebla)	6,000
Santa María Tecola y San José El Rincón (Municipio de Puebla)	1,000

Elaboración propia

Ejemplo del procedimiento para el trazo de nuevas rutas

Para presentar un ejemplo se selecciona a San Bernardino Tlaxcalancingo que se localiza en el suroeste de la ciudad de Puebla, en el municipio de San Andrés Cholula. Las rutas que dan el servicio de transporte público no cubren totalmente el área como se ve en la imagen que sigue:

Figura 137. San Bernardino Tlaxcalancingo



Elaboración propia

Con respecto a la cobertura (área de 400 metros alrededor del derrotero de la ruta. Se puede ver en la figura siguiente que quedan áreas sin atender, en San Bernardino Tlaxcalancingo. En el área que se estudió se evidenció que no está determinado un AGEB urbano, posiblemente por ser un nuevo asentamiento con baja población, por lo que puede ser una de las razones por la que no tiene el servicio de transporte en la actualidad. Es un área que tiene un desarrollo urbano incipiente. La traza vial es discontinua, pero se reconocen dos avenidas que se pueden utilizar para el trazo de las nuevas rutas: Avenida 24 de febrero y Carretera Camino a Cuayantla.

Figura 138. Cobertura de rutas convencionales en San Bernardino Tlaxcalancingo

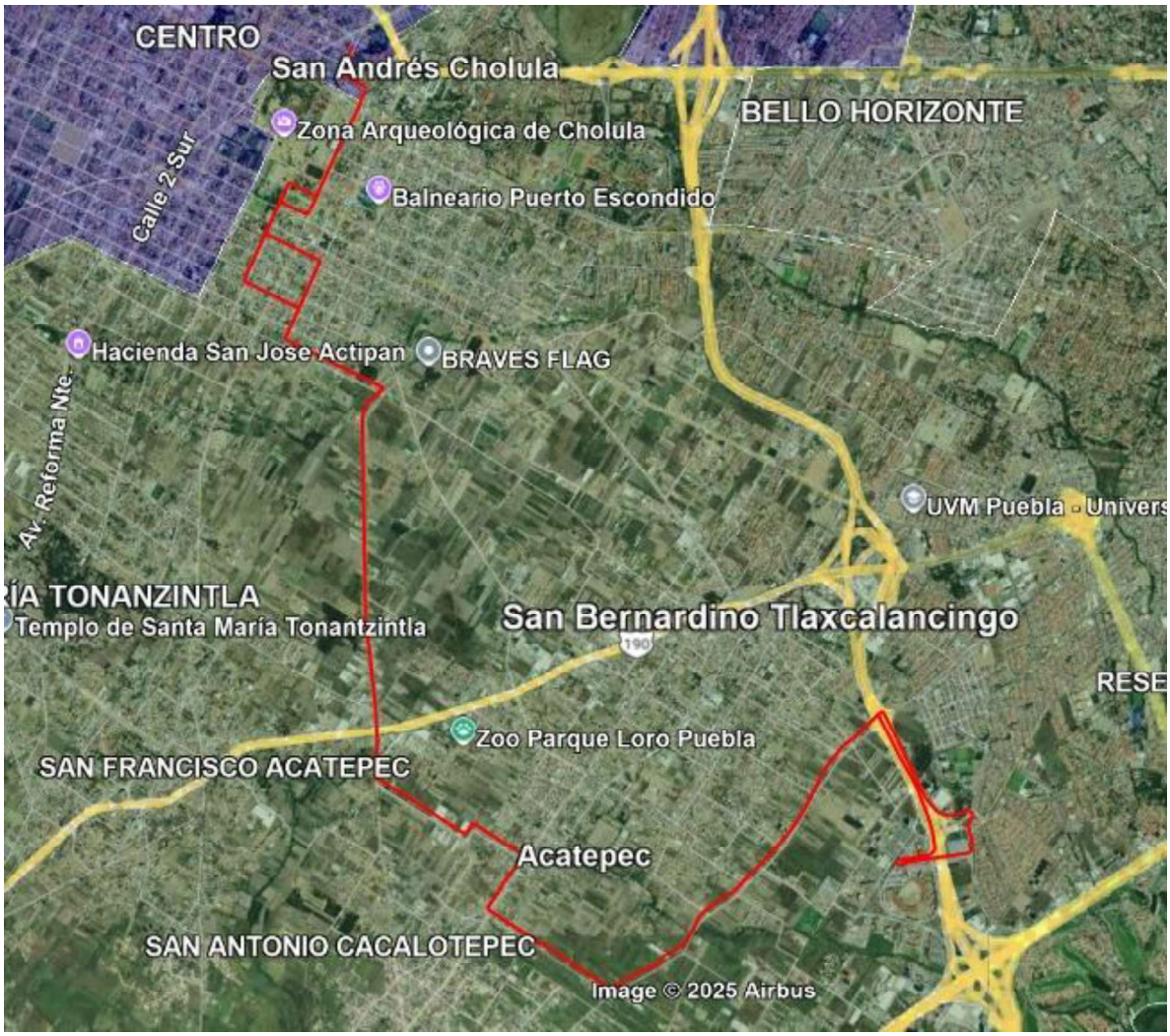


Elaboración propia

La población de San Bernardino Tlaxcalancingo era de 99,736 habitantes en el año 2020 según el Censo del INEGI, pero la población a beneficiar es de 12,000 habitantes considerando el área que se encuentra más cerca de las rutas propuestas. De esta manera se pone en evidencia la necesidad de brindar el servicio de transporte público a la zona.

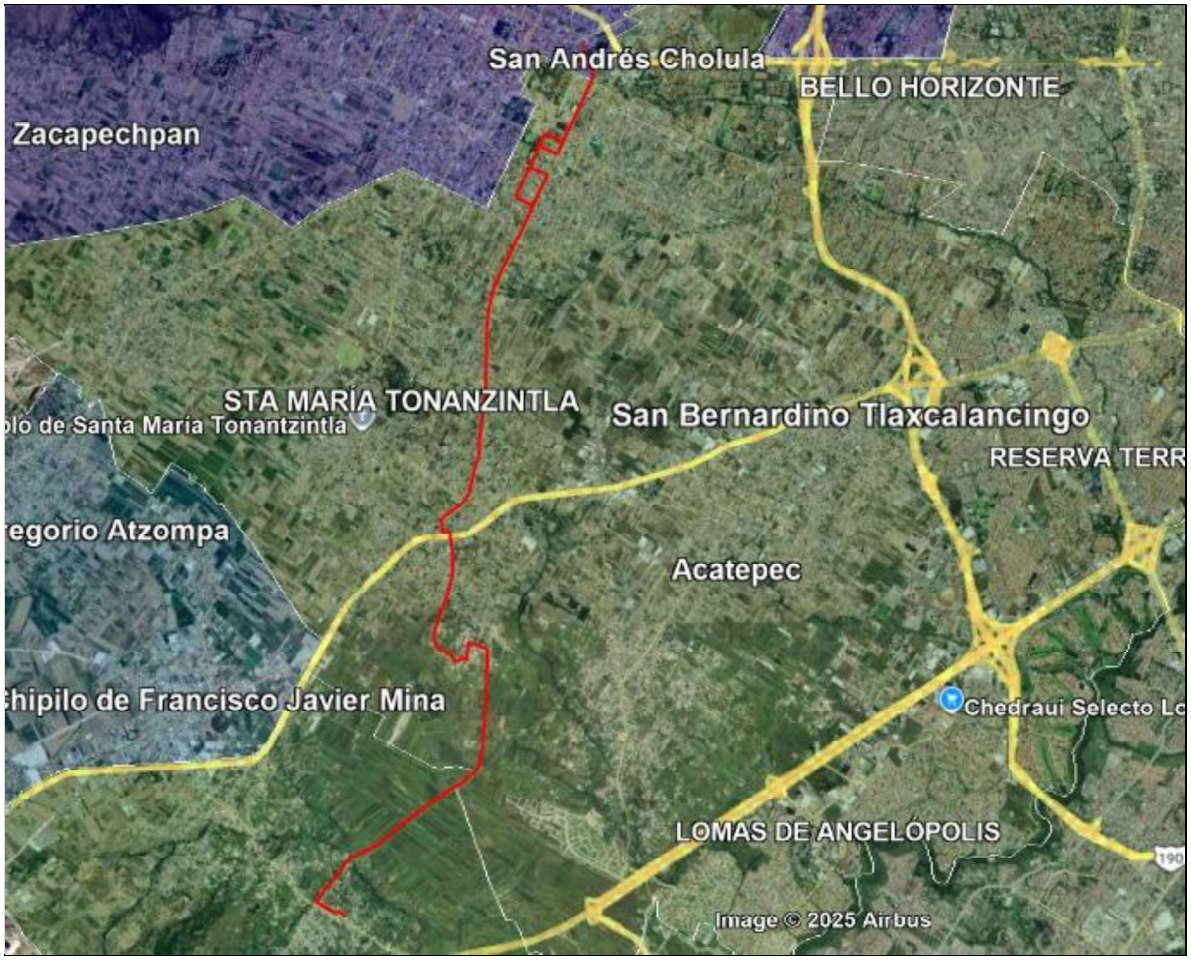
Se proponen dos rutas R173: Cd. Judicial-Acatepec-Cholula y R174: Cholula-San Fco. Acatepec-Santa Martha Hidalgo.

Figura 139. Ruta 173 Cd. Judicial-Acatepec-Cholula



Elaboración propia

Figura 140. Ruta 174 Cholula-San Fco. Acatepec-Santa Martha Hidalgo

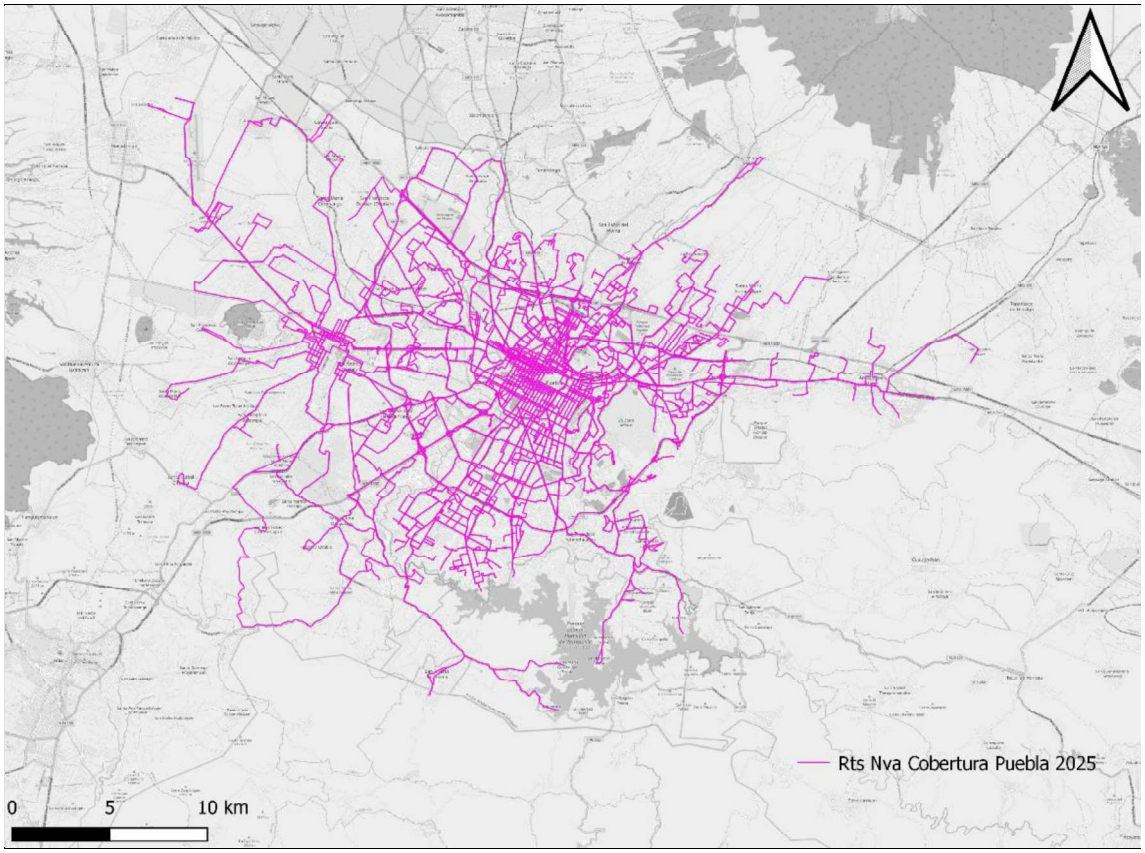


Elaboración propia

De la misma manera se realizaron los análisis y adecuaciones a las zonas listadas anteriormente. Con el ejercicio se plantean agregar y/o modificar 23 rutas del sistema convencional logrando la cobertura de 507.55 Km2

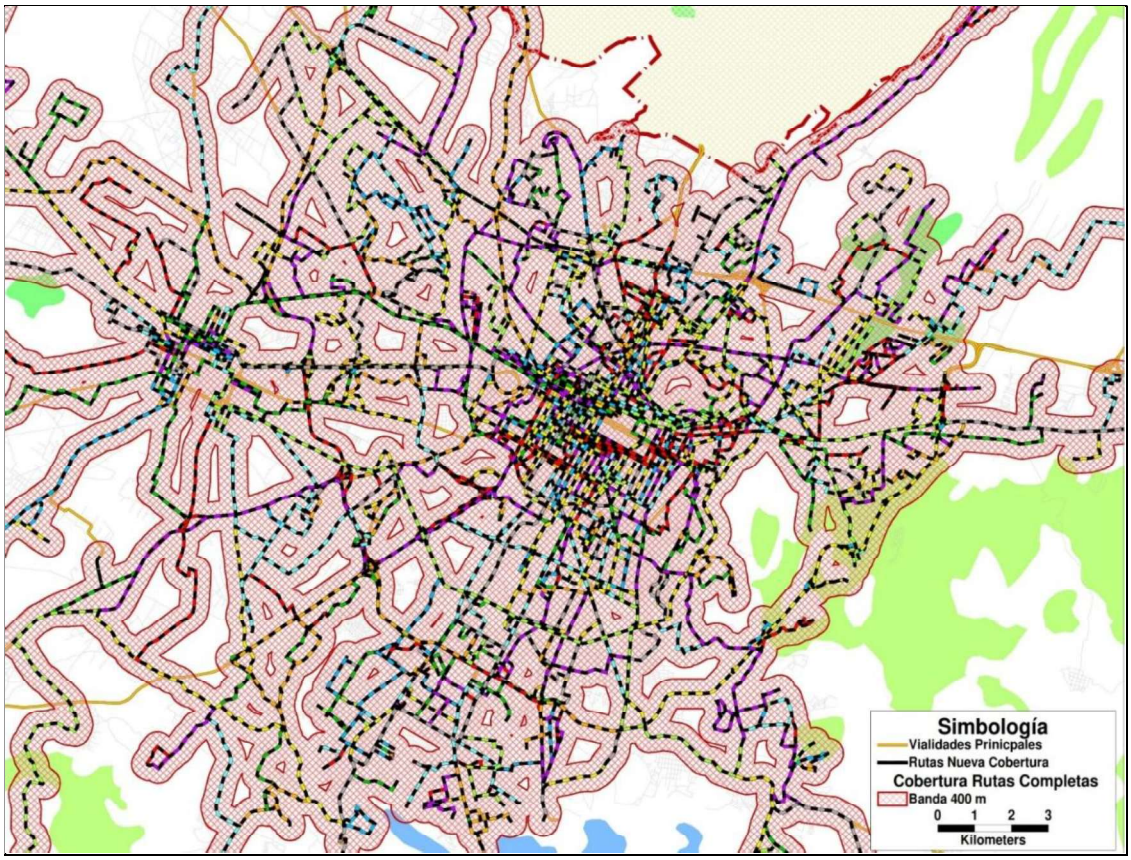
El sistema de rutas de transporte público convencional con las nuevas y/o modificadas rutas se muestra a continuación:

Figura 141. Nuevo sistema de rutas convencionales para mejorar cobertura



Elaboración propia

Figura 142. Cobertura que se propone para la optimización de áreas con el servicio de transporte público

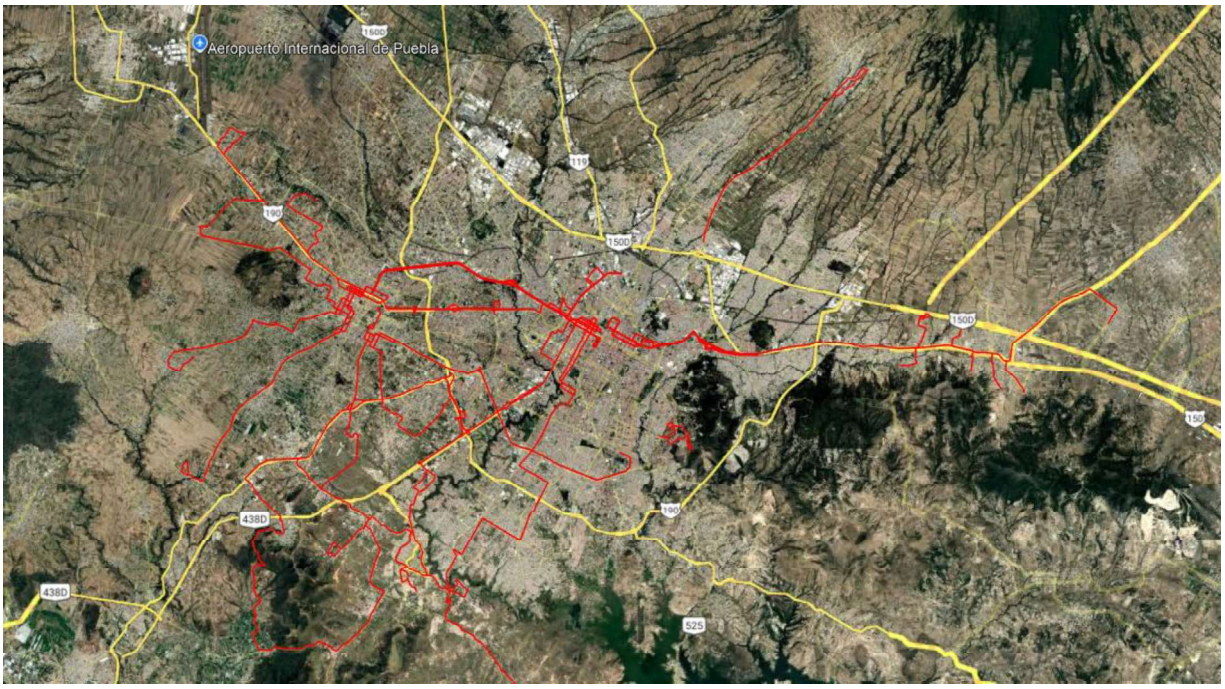


Elaboración propia

Con las nuevas y/o modificadas rutas, se logra un 97% de cobertura en la zona urbana que debe ser atendida por algún transporte público..

La figura que sigue muestra la extensión de las rutas propuestas.

Figura 143. Extensión de nuevas rutas



Elaboración propia