

*Gobierno del Estado
Libre y Soberano de Chihuahua*



Registrado como
Artículo
de segunda Clase de
fecha 2 de Noviembre
de 1927

Todas las leyes y demás disposiciones supremas son obligatorias por el sólo hecho de publicarse en este Periódico.

Responsable: La Secretaría General de Gobierno. Se publica los Miércoles y Sábados.

Chihuahua, Chih., sábado 05 de julio de 2025.

No. 54

Folleto Anexo

**SECRETARÍA DE DESARROLLO
URBANO Y ECOLOGÍA**

**PROGRAMA SECTORIAL METROPOLITANO
DE ACCESIBILIDAD Y MOVILIDAD
SOSTENIBLE DE CHIHUAHUA (PSMAMS)**

TOMO III



Programa Sectorial Metropolitano de Accesibilidad y Movilidad Sostenibles de Chihuahua

EVALUACIÓN DEL PROGRAMA SECTORIAL DE MOVILIDAD URBANA SUSTENTABLE

Elaborado por:

RED PLANNERS

Febrero 2025



ÍNDICE

- 1. Introducción**
- 2. Resumen**
 - 2.1. Movilidad no motorizada.....
 - 2.2. Transporte público.....
 - 2.3. Infraestructura vial y gestión del tránsito
- 3. Estructura del PSMUS 2009**
- 4. Metodología.....**
 - 4.1. Evaluación de coherencia con los principios de la movilidad.....
 - 4.1.1. Coherencia con los principios de la movilidad sostenible.....
 - 4.1.2. Coherencia con la visión de ciudad
 - 4.2. Evaluación de impacto y viabilidad
 - 4.2.1. Impacto en la movilidad sostenible
 - 4.2.2. Nivel de inclusión y equidad.....
 - 4.2.3. Nivel de aceptación.....
 - 4.2.4. Potencial de implementación.....
- 5. Evaluación del PSMUS 2009**
 - 5.1. Movilidad peatonal.....
 - 5.1.1. Resumen de las propuestas
 - 5.1.2. Evaluación del Capítulo 5. Red de ciclorutas
 - 5.2. Movilidad ciclista.....
 - 5.2.1. Resumen de las propuestas.....
 - 5.2.2. Evaluación del Capítulo 5. Red de ciclorutas.....
 - 5.3. Transporte público.....
 - 5.3.1. Resumen de las propuestas.....
 - 5.3.2. Evaluación de los capítulos
 - 5.4. Infraestructura vial y gestión del tránsito
 - 5.4.1. Resumen de las propuestas.....
 - 5.4.2. Evaluación de los capítulos
 - 5.5. Gestión del estacionamiento.....
 - 5.5.1. Resumen de las propuestas.....
 - 5.5.2. Evaluación del Capítulo 6. Propuesta de estacionamientos
- 6. Conclusiones y hallazgos finales**
 - 6.1. Movilidad peatonal.....
 - 6.2. Movilidad ciclista.....
 - 6.3. Transporte público
 - 6.4. Infraestructura vial y gestión del tránsito.....
 - 6.5. Gestión del estacionamiento.....
- 7. Fuentes de información.....**



1. INTRODUCCIÓN

En 2009, se publicó el primer Plan Sectorial de Movilidad Urbana Sostenible (PSMUS 2009), cuya ejecución y estructura institucional demostraron tener impactos limitados en la consecución de los objetivos planteados. En 2022, el Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua (IMPLAN) identificó que la estructura actual resulta restrictiva para alcanzar dichos objetivos, señalando la necesidad de mejorar los esfuerzos en accesibilidad y movilidad, dada la expansión de la ciudad y su relación con el área metropolitana.

Con el propósito de construir una ciudad y zona metropolitana que faciliten el acceso y generen oportunidades urbanas, surge la necesidad de crear un Programa Sectorial Metropolitano de Accesibilidad y Movilidad Sostenibles (PSMAMS). Este programa debe guiar estrategias, políticas públicas, proyectos y acciones destinadas a mejorar la accesibilidad y movilidad en la Zona Metropolitana de Chihuahua (ZMCH), priorizando a peatones, ciclistas, usuarios del transporte público y, en último término, al vehículo privado.

Este documento, como parte de las actividades para la creación del PSMAMS, constituye el entregable de evaluación del PSMUS 2009. Su objetivo es identificar áreas de oportunidad y considerar elementos relevantes para el nuevo instrumento de planeación de la movilidad en la Zona Metropolitana.

La evaluación se fundamenta en dos elementos esenciales: los principios rectores de movilidad de la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial (LGMSV), que definen directrices para acciones relacionadas con movilidad, accesibilidad y seguridad vial, y la visión de ciudad propuesta en el borrador final del Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Chihuahua, séptima actualización (PDU 2040).

El informe presenta una evaluación de las propuestas contenidas en el PSMUS 2009, agrupadas por modos de transporte, incluyendo movilidad peatonal, ciclista, transporte público, infraestructura vial, gestión del tráfico y gestión del estacionamiento.

La evaluación revela que el PSMUS concentra la mayoría de sus propuestas en la definición del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP), específicamente en el primer corredor troncal. Posteriormente,



se enfoca en mejorar las condiciones de operación vial y, en última instancia, aborda la movilidad no motorizada.

Se concluye que, aunque las mejoras en el transporte público son esenciales, no deben ser las únicas consideradas. Se resaltan áreas de intervención de menor escala y alto impacto en la movilidad y accesibilidad, como la movilidad peatonal y la seguridad vial. Se propone la definición de acciones para mejorar las condiciones de movilidad para todas las personas, reconociendo sus diferencias y mitigando los efectos negativos del uso del vehículo privado como principal alternativa de transporte.

2. RESUMEN

En términos generales, el PSMUS 2009 ha priorizado la definición del SITP, con especial énfasis en la movilidad no motorizada. Sin embargo, carece de detalles y criterios específicos para infraestructuras clave como corredores peatonales y la red de ciclorutas propuesta, evidenciando soluciones contradictorias al enfocarse en mejorar la capacidad vial para vehículos motorizados, contraviniendo los objetivos de movilidad sostenible.

2.1. Movilidad no motorizada

Entre las propuestas destacadas del PSMUS, el capítulo "5. Red de ciclorutas", que contiene las propuestas ciclistas y peatonales, resalta por su coherencia con la visión de movilidad y su impacto positivo en la sostenibilidad, demostrando un enfoque en la inclusión y en la equidad analizados en el presente documento.

En el ámbito de la movilidad peatonal, este documento presenta coherencia con la visión de movilidad, pero carece de criterios detallados para fomentar la accesibilidad y seguridad vial. Aunque tienen un impacto positivo en la movilidad sostenible e inclusión social, las propuestas a favor de la movilidad no motorizada enfrentan desafíos en aceptación y adaptabilidad, especialmente debido a la resistencia en una ciudad con alta dependencia del transporte motorizado.

La movilidad ciclista se aborda con la creación de una red de ciclorutas, mostrando beneficios a cualquier escala, pero carece de detalles de diseño esenciales. Aunque la propuesta se ajusta a criterios de multimodalidad, hay oportunidades para crear sendas ciclistas en diversas zonas de la ciudad, promoviendo la bicicleta como una modalidad de transporte autosuficiente.



2.2. Transporte público

Las propuestas relacionadas con el transporte público contenidas en los capítulos 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17 proponen un SITP como un eje fundamental de la movilidad. Este enfoque destaca por su coherencia con la visión de movilidad, impacto sostenible y niveles de inclusión analizados en el presente documento.

Presenta una conceptualización integral de la movilidad, pero su implementación parcial indica la necesidad de ajustes en su enfoque respecto a la movilidad ciclista, ya la dependencia de la infraestructura ciclista al transporte público podría dificultar mejoras en zonas no atendidas por el SITP.

Lecciones de proyectos similares en el país sugieren una revisión y adaptación del modelo para garantizar una implementación exitosa y alineada con los objetivos de movilidad sostenible. Se identifican áreas de mejora en aceptación comunitaria y potencial de implementación,

2.3. Infraestructura vial y gestión del tránsito

En tanto, las propuestas contenidas en los capítulos "2. Plan de vialidades" y "3. Diseño operacional del tránsito", presentan propuestas poco coherentes con la visión de movilidad actual, impacto limitado hacia la sostenibilidad, aceptación comunitaria y alto potencial de implementación analizados en el presente documento.

En infraestructura vial y gestión del tránsito, muestra una limitación al centrarse en aumentar la capacidad vial para vehículos motorizados, sin alinearse con la visión actual de movilidad que requiere considerar la accesibilidad y seguridad vial para peatones y ciclistas. Aunque tiene alta aceptación social, su impacto limitado sugiere la necesidad de ajustes para mejorar la movilidad sostenible y la equidad.

La gestión del estacionamiento desempeña un papel crucial, pero algunas propuestas podrían contradecir los objetivos de movilidad sostenible al no limitar la cantidad máxima de estacionamientos, potencialmente ampliando la oferta en lugar de gestionarla. Acciones que busquen reducir el uso del vehículo privado pueden tener un impacto positivo, mientras que aquellas que simplemente aumenten la oferta podrían ser contraproducentes.



En resumen, la evaluación destaca la necesidad de ajustes y enfoques más integrales para maximizar el impacto positivo en la movilidad sostenible y la equidad en Chihuahua.

3. ESTRUCTURA DEL PSMUS 2009

Las propuestas del PSMUS 2009 se estructuran en un informe denominado "Definición del PSMUS" dividido en 17 documentos, en donde cada uno corresponde a un capítulo con propuestas y acciones específicas. A continuación se presentan los nombres de cada capítulo:

1. Introducción
2. Plan de vialidades
3. Diseño operacional del tránsito
4. Sistema de administración de pavimentos
5. Red de ciclorutas
6. Estacionamientos
7. Modelo funcional del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP)
8. Infraestructura para el SITP
9. Modelo operacional del SITP
10. Estructura tarifaria
11. Sistema de control
12. Sistema automático de recaudo
13. Especificaciones técnicas de vehículos
14. Información del usuario
15. Plan de negocios
16. Propuesta legal e institucional
17. Términos de referencia

Por cada capítulo se presentan acciones, que incluyen la descripción, ubicación, programación y costos estructuradas por etapas de acuerdo con su horizonte de implementación:

- Acciones inmediatas (2007-2008).
- Acciones a corto plazo (2008 – 2011).



- Acciones a mediano plazo (2012 – 2016).
- Acciones a largo plazo (2017 – 2026).

Con el fin de facilitar su evaluación, los 17 capítulos que contienen las propuestas y acciones del PSMUS 2009 fueron agrupados en 5 categorías agrupadas de acuerdo con su contenido, resultando de la siguiente forma:

Tabla 1. Categorías de agrupación de contenidos del PSMUS 2009 para su evaluación

Categoría de agrupación para evaluación	Capítulos del PSMUS 2009
Movilidad peatonal	El PSMUS 2009 no contiene un capítulo exclusivo dedicado a la movilidad peatonal. Las propuestas de corredores peatonales se encuentran en el Capítulo 5. Red de ciclorutas.
Movilidad ciclista	Capítulo 5. Red de ciclorutas.
Transporte público	Capítulo 7. Modelo funcional del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP). Capítulo 8. Infraestructura para el SITP. Capítulo 9. Modelo operacional del SITP. Capítulo 10. Estructura tarifaria. Capítulo 11. Sistema de control. Capítulo 12. Sistema automático de recaudo. Capítulo 13. Especificaciones técnicas de vehículos. Capítulo 14. Información del usuario. Capítulo 15. Plan de negocios. Capítulo 16. Propuesta legal e institucional. Capítulo 17. Términos de referencia.
Infraestructura vial y gestión del tránsito	Capítulo 2. Plan de vialidades. Capítulo 3. Diseño operacional del tránsito. Capítulo 4. Sistema de administración de pavimentos.
Gestión del estacionamiento	Capítulo 6. Estacionamientos.

Fuente: Elaboración propia

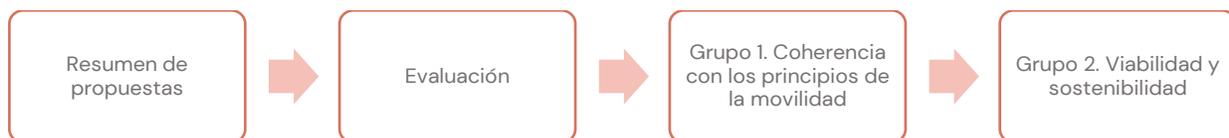


4. METODOLOGÍA

Las propuestas del PSMUS 2009 han sido categorizadas en cinco segmentos distintos: movilidad peatonal, movilidad ciclista, transporte público, infraestructura y gestión del tráfico y gestión del estacionamiento, con el objetivo de generar una clasificación coherente acorde a los diversos modos de transporte. Para cada una de estas categorías, se ha realizado un resumen de las propuestas destacando sus objetivos y las principales acciones propuestas.

La evaluación del PSMUS 2009 se lleva a cabo en base a dos grupos de variables. El primer grupo busca identificar la coherencia de las acciones propuestas con los principios de la movilidad sostenible establecidos en la LGMSV y en la visión de la ciudad delineada en el PDU 2040. Por otro lado, el segundo grupo, denominado de viabilidad y sostenibilidad, realiza un análisis cualitativo de cuatro elementos clave: impacto sobre la movilidad sostenible, nivel de inclusión y equidad, nivel de aceptación y potencial de implementación.

Ilustración 1. Metodología de la evaluación



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describen los criterios que fundamentan la evaluación de convergencia con las variables propuestas.

4.1. Evaluación de coherencia con los principios de la movilidad

4.1.1. Coherencia con los principios de la movilidad sostenible

Para este apartado, se ha considerado el concepto del derecho a la movilidad como eje articulador de la evaluación de esta categoría. La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos que en su artículo 4° establece que *“toda persona tiene derecho a la movilidad en condiciones de seguridad vial, accesibilidad, eficiencia, sostenibilidad, calidad, inclusión e igualdad”* (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2020).



Por su parte, el artículo 3° de la LGMSV, define a la movilidad como “el conjunto de desplazamientos de personas, bienes y mercancías, a través de diversos modos, orientado a satisfacer las necesidades de las personas” (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2023)

En función de que la LGMSV establece los principios rectores que deberán seguir los órdenes de gobierno en relación con sus acciones. A continuación, se presentan los principios que coinciden con los establecidos en la Ley de Transporte del Estado De Chihuahua (H. Congreso del Estado de Chihuahua, 2022):

Tabla 2. Definiciones de las variables de los principios de la movilidad sostenible

Variable	Definición
Accesibilidad	Garantizar el acceso pleno en igualdad de condiciones, con dignidad y autonomía a todas las personas al espacio público, infraestructura, servicios, vehículos, transporte público y los sistemas de movilidad tanto en zonas urbanas como rurales e insulares mediante la identificación y eliminación de obstáculos y barreras de acceso, discriminación, exclusiones, restricciones físicas, culturales, económicas, así como el uso de ayudas técnicas y perros de asistencia, con especial atención a personas con discapacidad, movilidad limitada y grupos en situación de vulnerabilidad.
Calidad	Garantizar que los sistemas de movilidad, infraestructura, servicios, vehículos y transporte público cuenten con los requerimientos y las condiciones para su óptimo funcionamiento con propiedades aceptables para satisfacer las necesidades de las personas.
Eficiencia	Maximizar los desplazamientos ágiles y asequibles, tanto de personas usuarias como de bienes y mercancías, optimizando los recursos ambientales y económicos disponibles.
Equidad	Reconocer condiciones y aspiraciones diferenciadas para lograr el ejercicio de iguales derechos y oportunidades, tanto para mujeres y hombres, así como otros grupos en situación de vulnerabilidad.
Igualdad e inclusión	El Estado atenderá de forma incluyente, igualitaria y sin discriminación las necesidades de todas las personas en sus desplazamientos en el espacio público, infraestructura, servicios, vehículos, transporte público y los sistemas de movilidad.
Innovación tecnológica	Impulsar el uso de soluciones y sistemas tecnológicos que permitan un desempeño eficiente de la movilidad, y que generen un desarrollo sustentable en eficiencia energética y fuentes de energía renovable.
Intermodalidad	Ofrecer múltiples modos y servicios de transporte para todas las personas usuarias, los cuales deben articularse e integrarse entre sí y con la estructura urbana, para reducir la dependencia del vehículo particular motorizado.
Sostenibilidad	Satisfacer las necesidades de movilidad procurando los menores impactos negativos en el medio ambiente y la calidad de vida de las personas, garantizando un beneficio continuo para las generaciones actuales y futuras.

Fuente: Elaboración propia a partir de la LGMSV (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2023)

Para cada uno de estos elementos se desarrolló una rúbrica de evaluación que incluye la declaración de la variable, su definición y 4 opciones de evaluación en una escala del 1 al 4 en donde el mayor valor (4) corresponde a la mejor coherencia del concepto con las acciones propuestas y el menor valor (1) corresponde al menor nivel de coherencia.



Tabla 3. Ejemplo de rúbrica de coherencia con los principios de la movilidad

Variable	Evaluación	Valor
Accesibilidad	Garantiza el acceso pleno en igualdad de condiciones, con dignidad y autonomía a todas las personas con especial atención a personas con discapacidad, movilidad limitada y grupos en situación de vulnerabilidad.	4 (mayor nivel de coherencia)
	Aborda en gran medida la garantía de acceso pleno en igualdad de condiciones, con dignidad y autonomía a todas las personas con especial atención a personas con discapacidad, movilidad limitada y grupos en situación de vulnerabilidad.	3
	Presenta áreas de oportunidad en abordar la garantía de acceso pleno en igualdad de condiciones, con dignidad y autonomía a todas las personas.	2
	No garantiza el acceso pleno en igualdad de condiciones, con dignidad y autonomía a todas las personas con especial atención a personas con discapacidad, movilidad limitada y grupos en situación de vulnerabilidad.	1 (menor nivel de coherencia)

Fuente: Elaboración propia a partir de la LGMSV (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2023)

4.1.2. Coherencia con la visión de ciudad

El PDU 2040 es el instrumento que define las directrices hacia el desarrollo sostenible de la ciudad de Chihuahua con una proyección hacia el año 2040. Este plan busca colocar el desarrollo integral de las personas y el cuidado del ambiente en el centro de las políticas públicas, con el objetivo de hacer de Chihuahua una metrópoli competitiva y sustentable.

Entre sus objetivos estratégicos y específicos, destaca la creación de entornos urbanos pensados en las personas, el privilegio de la vida de las personas, el diseño de la ciudad con accesibilidad, conectividad y movilidad regional y urbana, aplicando la pirámide de la jerarquía de la movilidad, donde se prioriza al peatón y la protección de su vida.

Además, el PDU 2040 busca articular objetivos por medio de principios y estrategias temáticas relacionados con la movilidad urbana, con el fin de satisfacer las necesidades de desplazamiento de las personas, servicios, relaciones comunitarias, ideas y el acceso a las oportunidades que ofrece la ciudad.

Basados en los objetivos que persigue el PDU 2040, se propone la evaluación del PSMUS con el fin de relacionar los objetivos actuales del Plan de Desarrollo Urbano con las propuestas y acciones del PSMUS.



Tabla 4. Definiciones de las variables de visión de ciudad

Variable	Definición
Creación de entornos urbanos pensados para las personas	Se refiere a la planificación y diseño de espacios urbanos que priorizan las necesidades y bienestar de las personas, en lugar de enfocarse en el tráfico vehicular.
Privilegiar la vida de las personas en el diseño de la accesibilidad, conectividad y movilidad regional y urbanas	Priorizar la vida y seguridad de las personas en la accesibilidad, conectividad y movilidad regional y urbana. Implica la eliminación de obstáculos y barreras de acceso, discriminación, exclusiones, restricciones físicas, culturales, económicas, y la promoción de la inclusión y la igualdad de oportunidades para todas las personas, con especial atención a personas con discapacidad, movilidad limitada y grupos en situación de vulnerabilidad.

Fuente: Elaboración propia a partir del PDU 2040 (IMPLAN, 2023)

De forma análoga a la evaluación de los principios de la movilidad, en las variables de la visión de la ciudad se desarrolló una rúbrica de evaluación que incluye la declaración de la variable, su definición y 4 opciones de evaluación en una escala del 1 al 4 en donde el mayor valor (4) corresponde a la mejor coherencia del concepto con las acciones propuestas y el menor valor (1) corresponde a la menor coherencia.

Tabla 5. Ejemplo de rúbrica de coherencia con la visión de ciudad

Variable	Evaluación	Valor
Creación de entornos urbanos pensados para las personas	Prioriza las necesidades y bienestar de las personas en el diseño de los espacios urbanos, en lugar de enfocarse en el tráfico vehicular. Se promueve la accesibilidad, intermodalidad, sostenibilidad y la calidad de vida de las personas usuarias, reduciendo los impactos negativos en el medio ambiente y garantizando un beneficio continuo para las generaciones actuales y futuras.	4 (mayor nivel de coherencia)
	Aborda en gran medida la creación de entornos urbanos pensados para las personas, aunque podría mejorar en ciertos aspectos, como la implementación de medidas específicas para la inclusión y la igualdad de oportunidades, especialmente para grupos en situación de vulnerabilidad.	3
	No prioriza las necesidades y bienestar de las personas en el diseño de los espacios urbanos, y/o presenta deficiencias en la promoción de la accesibilidad, intermodalidad, sostenibilidad y la calidad de vida de las personas usuarias.	2
	No garantiza en absoluto la creación de entornos urbanos pensados para las personas, y se enfoca exclusivamente en el tráfico vehicular, sin considerar las necesidades y bienestar de las personas usuarias.	1 (menor nivel de coherencia)

Fuente: Elaboración propia a partir del PDU 2040 (IMPLAN, 2023)



4.2. Evaluación de impacto y viabilidad

En adición a la coherencia con la visión de movilidad vigente al momento de la elaboración de este documento, se ha incorporado un segundo conjunto de variables que inciden directamente en la viabilidad y el impacto potencial de las propuestas.

Resulta pertinente destacar la relevancia de estas variables, ya que ofrecen una perspectiva holística que va más allá de la alineación con la visión actual de movilidad. Cada una de estas variables ha sido sometida a una evaluación minuciosa, expresada en una escala cualitativa y cuantitativa que abarca los niveles de "muy bajo (1)", "bajo (2)", "alto (3)" y "muy alto (4)". A continuación, se detalla la metodología empleada para evaluar cada una de estas variables clave.

4.2.1. Impacto en la movilidad sostenible

La evaluación se centra en determinar el grado en que la propuesta contribuye a los objetivos de sostenibilidad en la movilidad urbana. Factores como la reducción de emisiones, la optimización de recursos y la promoción de modos de transporte eco amigables son considerados para asignar niveles de impacto que reflejen la magnitud de la influencia positiva en la movilidad sostenible.

4.2.2. Nivel de inclusión y equidad

Se analiza en qué medida la propuesta garantiza la participación equitativa de diversos grupos de la sociedad, evitando discriminaciones y promoviendo la accesibilidad universal. La escala cualitativa permite asignar niveles de inclusión y equidad que reflejan la atención a la diversidad y la eliminación de barreras sociales.

4.2.3. Nivel de aceptación

Se examina la predisposición de la comunidad hacia la implementación de la propuesta, considerando la aceptabilidad social, la comprensión pública y la disposición a adoptar cambios. La escala cualitativa clasifica el nivel de aceptación en función de la receptividad y apoyo comunitario.

4.2.4. Potencial de implementación

Se evalúa la viabilidad y factibilidad práctica de llevar a cabo la propuesta, considerando aspectos logísticos, recursos disponibles y posibles obstáculos. La escala cualitativa asigna niveles que reflejan la capacidad de implementar la propuesta de manera efectiva y eficiente.



5. EVALUACIÓN DEL PSMUS 2009

5.1. Movilidad peatonal

5.1.1. Resumen de las propuestas

El PSMUS 2009 no presenta un capítulo específico que aborde acciones exclusivamente peatonales. No obstante, el “Capítulo 5. Red de ciclorutas” incluye algunas de las propuestas relacionadas con la mejora y creación de espacios público peatonales, corredores y ampliaciones.

Ilustración 2. Propuesta de corredores peatonales del Capítulo 5. Red de ciclorutas

Figura 5.8 Estrategia general de corredores y espacio público en zona centro.
Vialidades con potencial de intervención



Fuente: Elaboración propia

Fuente: IMPLAN, 2009

5.1.2. Evaluación del Capítulo 5. Red de ciclorutas

Por su naturaleza, todas las acciones para mejorar las condiciones de la movilidad peatonal son consideradas benéficas a cualquier escala y ubicación sin importar el tipo de infraestructura o zona, especialmente cuando estas tienen como premisa la accesibilidad universal y la seguridad vial.

En general, el “Capítulo 5. Red de ciclorutas” no presenta propuestas detalladas ni criterios de diseño que deberán tomarse en cuenta para reducir el déficit de infraestructura peatonal o la creación y/o adaptación de la infraestructura existente bajo criterios de accesibilidad universal o seguridad vial.

De esta forma, las propuestas que tratan sobre movilidad peatonal se resumen en:



- Corredores multimodales en vialidades con rutas del SIT. Con secciones tipo y trazo longitudinal.
- Corredores peatonales en la Zona Centro. Sin mayor detalle de secciones o definición de calles.
- Colocación de semáforos peatonales.

El capítulo de integración con el transporte público de las propuestas peatonales del “Capítulo 5. Red de ciclorutas” presenta una coherencia con la política de movilidad y con la visión de ciudad deseada. Sin embargo, las propuestas no abordan otros enfoques igualmente relevantes, tales como los viajes a la escuela a pie, la reducción del déficit de infraestructura peatonal en otras zonas de la ciudad o el enfoque recreativo de caminar que son motivo para crear espacios públicos de calidad equitativos e incluyentes.

Por lo tanto, se identifica la necesidad de replantear los criterios que ayuden a que estas propuestas se desarrollen con características que atiendan a las necesidades de viajes origen-destino en función de los distintos modos y motivos de viaje con un enfoque en la accesibilidad y en la seguridad vial.

Tabla 6. Evaluación de coherencia de la movilidad peatonal

Categoría - variable		Resultado	Valor
Principios de la movilidad	Accesibilidad	Aborda en gran medida la garantía de acceso pleno en igualdad de condiciones, con dignidad y autonomía a todas las personas con especial atención a personas con discapacidad, movilidad limitada y grupos en situación de vulnerabilidad.	3
	Calidad	Presenta áreas de oportunidad en abordar la garantía de calidad en sistemas de movilidad, infraestructura, servicios, vehículos.	2
	Eficiencia	Garantiza la maximización de desplazamientos ágiles y asequibles optimizando los recursos ambientales y económicos disponibles.	4
	Equidad	Considera en gran medida las condiciones y aspiraciones diferenciadas para lograr la equidad en la movilidad urbana.	3
	Igualdad e inclusión	Aborda de manera efectiva la igualdad e inclusión, garantizando la atención de forma incluyente, igualitaria y sin discriminación las necesidades de todas las personas en sus desplazamientos.	4
	Innovación tecnológica	Presenta áreas de oportunidad al impulsar el uso de soluciones y sistemas tecnológicos para un desempeño eficiente de la movilidad, y/o en la promoción del desarrollo sustentable en eficiencia energética y fuentes de energía renovable.	2
	Intermodalidad	Ofrece múltiples modos y servicios de transporte para todas las personas usuarias, que se articulan e integran entre sí y con la estructura urbana, reduciendo la dependencia del vehículo particular motorizado.	4



Categoría - variable		Resultado	Valor
	Sostenibilidad	Satisface las necesidades de movilidad procurando los menores impactos negativos en el medio ambiente y la calidad de vida de las personas, garantizando un beneficio continuo para las generaciones actuales y futuras.	4
Visión de ciudad	Creación de entornos urbanos pensados para las personas	Prioriza las necesidades y bienestar de las personas en el diseño de los espacios urbanos, en lugar de enfocarse en el tráfico vehicular. Se promueve la accesibilidad, la intermodalidad, la sostenibilidad y la calidad de vida de las personas usuarias, reduciendo los impactos negativos en el medio ambiente y garantizando un beneficio continuo para las generaciones actuales y futuras.	4
	Privilegiar la vida de las personas en el diseño de la accesibilidad, conectividad y movilidad regional y urbanas	Aborda en gran medida la eliminación de obstáculos y barreras de acceso, aunque podría mejorar en ciertos aspectos, como la implementación de medidas específicas para la inclusión y la igualdad de oportunidades, especialmente para grupos en situación de vulnerabilidad.	3

Fuente: Elaboración propia

Las acciones propuestas tienen un impacto positivo sustancial en la movilidad sostenible y la inclusión social. La implementación exitosa requiere de estrategias políticas sólidas y esfuerzos continuos para superar las posibles oposiciones y garantizar un cambio efectivo hacia un sistema de movilidad más sostenible e inclusivo.

Tabla 7. Evaluación de impacto y viabilidad de las propuestas de movilidad peatonal

Variable	Resultado	Valor
Impacto en la movilidad sostenible	Se evalúa como de muy alto impacto, ya que las acciones propuestas tienen el potencial de fomentar un cambio modal hacia medios de transporte más sostenibles, generando beneficios tanto ambientales como sociales.	4
Nivel de inclusión y equidad	Se considera de muy alto nivel de inclusión y equidad debido a la creación de alternativas de movilidad inclusivas que benefician a todos los segmentos poblacionales, sin distinción de aspectos socioeconómicos, raciales, culturales o de género.	4
Nivel de aceptación	Se percibe como de bajo nivel de aceptación, ya que las medidas que restrinjan el tránsito de vehículos podrían enfrentar resistencia en una ciudad con alta motorización, donde algunos sectores podrían oponerse en busca de mejorar las condiciones de circulación vehicular.	2
Potencial de implementación	Se considera de bajo potencial de implementación, ya que su desarrollo requiere un elevado capital político para negociar con partes opuestas, especialmente en una ciudad con una alta tasa de motorización.	2

Fuente: Elaboración propia



5.2. Movilidad ciclista

5.2.1. Resumen de las propuestas

El capítulo 5 aborda la movilidad ciclista con el propósito de establecer una red de ciclorutas. El objetivo del capítulo es "construir un sistema de ciclorutas permanentes en la ciudad que se articule con el sistema de transporte público, las zonas verdes y peatonales existentes y propuestas. Este sistema servirá principalmente como medio de recreación, pero también como una alternativa de transporte".

Adicionalmente, se menciona que la selección de los corredores para la red de ciclovías responde inicialmente a la ruta troncal del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) y, posteriormente, se extienden hacia otras zonas de la ciudad para conformar una "estructura verde".

En total, la red de ciclorutas se compone de 279 km de la siguiente forma:

- Plazo inmediato 31.00 km
- Corto plazo 43.00 km
- Mediano plazo 78.00 km
- Largo plazo 127.00 km

Ilustración 3. Propuesta de la red de ciclorutas



Fuente: IMPLAN, 2009



5.2.2. Evaluación del Capítulo 5. Red de ciclorutas

En términos generales, la propuesta de la red de ciclorutas exhibe una red de vías ciclistas sin proporcionar detalles o criterios de diseño esenciales para la configuración de dicha red. A pesar de esto, la propuesta se ajusta a criterios de multimodalidad basados en pares origen-destino y/o en áreas de alta actividad comercial o industrial relacionada con el desarrollo del SIT.

Aunque el enfoque origen-destino y la integración con el transporte público son elementos fundamentales, existen áreas de oportunidad para la creación de sendas ciclistas en diversas zonas de la ciudad con el objetivo de posicionar la bicicleta como una modalidad de transporte autosuficiente. Todas las iniciativas destinadas a mejorar las condiciones de la movilidad ciclista pueden considerarse beneficiosas en cualquier escala; sin embargo, la elección del tipo de infraestructura desempeña un papel crítico en la determinación de su uso potencial.

Tabla 8. Evaluación de coherencia de las propuestas de movilidad ciclista

Variable	Resultado	Valor	
Principios de la movilidad	Accesibilidad	Aborda en gran medida la garantía de acceso pleno en igualdad de condiciones, con dignidad y autonomía a todas las personas con especial atención a personas con discapacidad, movilidad limitada y grupos en situación de vulnerabilidad.	3
	Calidad	Presenta áreas de oportunidad en abordar la garantía de calidad en sistemas de movilidad, infraestructura, servicios, vehículos.	2
	Eficiencia	Presenta áreas de oportunidad en abordar la maximización de desplazamientos ágiles y asequibles, y/o en la optimización de recursos ambientales y económicos.	2
	Equidad	Reconoce y aborda de manera efectiva las condiciones y aspiraciones diferenciadas para lograr el ejercicio de iguales derechos y oportunidades en la movilidad urbana.	4
	Igualdad e inclusión	Aborda de manera efectiva la igualdad e inclusión, garantizando la atención de forma incluyente, igualitaria y sin discriminación las necesidades de todas las personas en sus desplazamientos.	4
	Innovación tecnológica	No promueve el uso de soluciones y sistemas tecnológicos para un desempeño eficiente de la movilidad, y no cumple con los requisitos necesarios para impulsar el desarrollo sustentable en eficiencia energética y fuentes de energía renovable.	1
	Intermodalidad	Ofrece múltiples modos y servicios de transporte para todas las personas usuarias, que se articulan e integran entre sí y con la estructura urbana, reduciendo la dependencia del vehículo particular motorizado.	4
	Sostenibilidad	Satisface las necesidades de movilidad procurando los menores impactos negativos en el medio ambiente y la calidad de vida de las personas, garantizando un beneficio continuo para las generaciones actuales y futuras.	4



Variable		Resultado	Valor
Visión de ciudad	Creación de entornos urbanos pensados para las personas	Prioriza las necesidades y bienestar de las personas en el diseño de los espacios urbanos, en lugar de enfocarse en el tráfico vehicular. Se promueve la accesibilidad, la intermodalidad, la sostenibilidad y la calidad de vida de las personas usuarias, reduciendo los impactos negativos en el medio ambiente y garantizando un beneficio continuo para las generaciones actuales y futuras.	4
	Privilegiar la vida de las personas en el diseño de la accesibilidad, conectividad y movilidad regional y urbanas	Aborda de manera efectiva la eliminación de obstáculos y barreras de acceso, discriminación, exclusiones, restricciones. Promueve la inclusión y la igualdad de oportunidades para todas las personas, con especial atención a personas con discapacidad, movilidad limitada y grupos en situación de vulnerabilidad.	3

Fuente: Elaboración propia

Aunque las acciones propuestas tienen un potencial significativo para impactar positivamente en la movilidad sostenible y la inclusión social, la baja aceptación y el desafío político para superar otras prioridades y la alta motorización en la ciudad plantean obstáculos sustanciales para su implementación efectiva. Se requerirá un enfoque estratégico y esfuerzos considerables para abordar las preocupaciones y asegurar el éxito de las iniciativas propuestas.

Tabla 9. Evaluación de impacto y viabilidad de las propuestas de movilidad ciclista

Variable	Resultado	Valor
Impacto en la movilidad sostenible	Se evalúa como de muy alto impacto, ya que las acciones propuestas pueden impulsar un cambio modal hacia medios de transporte más sostenibles, generando beneficios ambientales y sociales significativos.	4
Nivel de inclusión y equidad	Se considera alto debido a que la infraestructura resultante puede ser utilizada por un amplio grupo poblacional, independientemente de diferencias socioeconómicas, raciales, culturales o de género. Sin embargo, se señala que puede excluir a personas con discapacidad, adultas mayores u otras limitaciones.	3
Nivel de aceptación	Se percibe como baja, ya que la alta motorización en la ciudad y otras prioridades, como el estado de la infraestructura vial o el transporte público, podrían generar una oposición significativa por parte de actores sociales y públicos.	2
Potencial de implementación	Se considera de muy bajo potencial de implementación debido a la necesidad de un alto capital político para compensar la baja aceptación de estas infraestructuras, considerando otras prioridades y la arraigada dependencia del transporte motorizado en la ciudad.	1

Fuente: Elaboración propia



5.3. Transporte público

El PSMUS 2009 contiene un desarrollo exhaustivo sobre transporte público enfocado a la conformación de un SITP, que van desde la definición del sistema hasta el desarrollo de términos de referencia para la contratación de una empresa que desarrolle el proyecto ejecutivo del corredor Tecnológico-Vallarta-Universidad-Centro-Fuentes Mares.

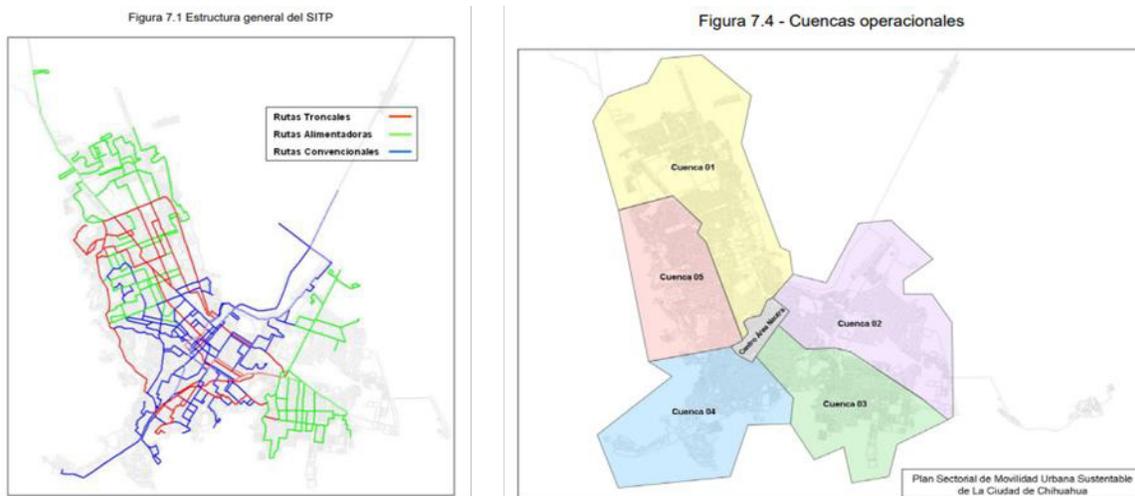
En función que el mayor contenido del PSMUS 2009 se orienta a la definición de los componentes del SITP a continuación, se presenta el resumen de lo contenido en cada uno de sus capítulos.

5.3.1. Resumen de las propuestas

Capítulo 7. Modelo funcional del SITP

Contiene la descripción del sistema integrado de arquitectura mixta basado en un modelo tronco alimentado de 13 rutas troncales, 19 alimentadoras y 20 convencionales con integración física y tarifaria. El nuevo modelo reestructura el territorio en un total de 6 cuencas: una región común en el centro de la ciudad y 5 cuencas distribuidas en el territorio.

Ilustración 4. Propuesta de red y cuencas operacionales del SITP



Fuente: IMPLAN, 2009



Entre los aspectos destacables menciona la permanencia de un sistema de rutas convencionales con integración tarifaria con el resto del sistema pero que no forman parte del esquema tronco alimentado.

La implementación del SITP está planteada en 3 horizontes (2011, 2016 y 2026) en función de la previsión del crecimiento urbano, indicando que la gestión del desarrollo urbano no es parte de las atribuciones del gobierno estatal.

Capítulo 8. Infraestructura del SITP

El capítulo de infraestructura del SITP contiene las propuestas para la circulación de autobuses, estaciones de integración, paradas, patios y talleres. El objetivo que persigue el desarrollo de esta infraestructura es “garantizar la regularidad en la circulación de los autobuses, mayores velocidades y por lo tanto menores tiempos de viaje y menor flota a ser utilizada”. El contenido de este capítulo incluye las definiciones y criterios de:

- Carriles de circulación de los autobuses en el corto plazo (norte-sur), mediano plazo (corredor Tecnológico – Pacheco) y largo plazo (corredor de vía exclusiva)
- Estaciones de integración: ubicación de las estaciones del corredor Tecnológico – Universidad, definición del número de módulos por estación, requisitos para el diseño de las estaciones, y paraderos en la zona centro. También contiene definiciones y criterios para la ubicación, funcionalidad y especificaciones de las terminales de integración, predimensionamiento, layouts de las terminales Homero y Juan Pablo II y de rutas interurbanas y suburbanas.
- Dimensionamiento de patios y talleres sin determinar diseño conceptual o arquitectónico.
- Nuevas colonias y el transporte

Capítulo 9. Modelo operacional del SITP

El modelo operacional contiene el dimensionamiento del SITP que permite obtener los programas operacionales en función de la demanda estimada en los periodos críticos y la oferta necesaria para el cumplimiento del programa en los años horizonte de evaluación del proyecto.



Ilustración 5. Ejemplo del modelo operacional del SITP

Tabla 9.9 Flota Operacional y Reserva

Flota Operacional				
Tipo Vehículo	2006	2011	2016	2026
Buses	139	171	183	218
Micros	177	213	226	278
Low Entry	81	90	90	99
Suma	397	474	499	595

Flota Reserva				
Tipo Vehículo	2006	2011	2016	2026
Buses	12	14	15	18
Micros	15	18	19	23
Low Entry	7	8	8	8
Suma	34	40	42	49

Flota Total				
Tipo Vehículo	2006	2011	2016	2026
Buses	151	185	198	236
Micros	192	231	245	301
Low Entry	88	98	98	107
Suma	431	514	541	644

Fuente: IMPLAN, 2009

Adicionalmente presenta una propuesta de plan de contingencias ante situaciones operacionales que requieran acciones que puedan afectar la provisión del servicio.

Capítulo 10. Estructura tarifaria

Este documento expone la estructura tarifaria del SITP mediante un análisis de diversas alternativas. Las características clave de la propuesta incluyen una tarifa única para todo el sistema, con tarifas preferenciales destinadas a estudiantes y adultos mayores. No se establecen distinciones por horarios, y se introduce un tiempo de integración de 90 minutos para facilitar viajes integrados. Además, se detalla un sistema de cálculo para la tarifa técnica.

La segunda parte del documento aborda la estimación de los costos de operación del SITP, considerando diversos elementos como insumos, salarios del personal, depreciación de instalaciones y flota, gastos del sistema de recaudo y del agente fiduciario, entre otras variables. El objetivo es obtener el costo por kilómetro del sistema, proporcionando así una visión completa de la viabilidad financiera.

Asimismo, se presenta una propuesta detallada para evaluar el desempeño operacional del SITP a través de indicadores estructurados en diversas categorías, que incluyen indicadores operacionales, de comodidad, de seguridad y de confiabilidad. Estos indicadores ofrecen un marco integral para



medir y mejorar la eficiencia y la calidad del servicio ofrecido por el sistema de transporte público integrado.

Capítulo 11. Sistema de control

Presenta la propuesta para la gestión y supervisión del SITP por medio de sistemas informáticos embarcados, de información al usuario, de prioridad semafórica de paso para los autobuses, de comunicación y del Centro de Control del sistema, así como la estimación del monto de inversión en cada uno de sus componentes.

El objetivo de crear un sistema de este tipo es “realizar el control de la operación y monitoreo del sistema de transporte colectivo por autobús, desde una central principal para la administración general de la operación del sistema” a través de un Centro de Control Operacional (COI).

El informe describe de forma general el funcionamiento y principales componentes de cada sistema, así como procesos por considerar. Dados los alcances del documento, no proporciona especificaciones técnicas o proyectos específicos detallados para cada componente.

El presupuesto total de la propuesta asciende a USD \$1,528,700.00 para una flota de 403 vehículos, 2 terminales, 1 centro de control y 10 paneles informativos en 10 puntos de parada entre otros conceptos.

Capítulo 12. Sistema de recaudo

Presenta la propuesta detallada del Sistema Automático de Recaudo (SAR) diseñado para SITP. Este sistema se enfoca en la venta anticipada (prepago) de pasajes, los cuales son almacenados en tarjetas electrónicas.

El proceso de pago del viaje se lleva a cabo mediante validadores, tanto embarcados como ubicados fuera de los vehículos. La propuesta abarca aspectos clave, incluyendo funcionalidades, descripciones, procesos, especificaciones técnicas y los diversos actores involucrados en su operación.

Capítulo 13. Especificaciones técnicas de los vehículos

Contiene la definición de especificaciones técnicas generales de los vehículos propuestos para la operación del SITP: entrada baja (low entry), piso alto y microbuses:



- Documentación técnica (dibujos técnicos).
- Manuales: mantenimiento y operación, piezas y herramientas, entrenamiento, garantías.
- Ensayos de componentes: defroster, aire acondicionado, iluminación, letrero de ruta.
- Revisiones técnicas.
- Desarrollo de nuevas tecnologías.
- Especificaciones técnicas: del habitáculo, del tren motriz, accesorios y sistemas del vehículo.

También incluye un listado de los principales proveedores de chasis, carrocerías y precios de referencia de los vehículos propuestos.

Capítulo 14. Proyecto de información al usuario

El documento aborda, a nivel conceptual, el proyecto del sistema de comunicación para usuarios, con el propósito de proporcionar información detallada sobre la utilización de los nuevos servicios, rutas, paradas, estaciones y terminales, con especial énfasis en la zona central, dada su mayor concentración de demanda y los cambios anticipados con la implementación del SITP.

En su contenido, se incluyen las directrices operacionales, la definición de la información propuesta y los componentes de la señalización destinada a los usuarios, así como la cuantificación de estos elementos a corto plazo. A pesar de mencionar la estimación de costos, el valor específico no se encontró en el documento consultado.

Destacando entre los aspectos más relevantes, se presenta la definición de una cromática según las cuencas de operación, la codificación numérica de las rutas, el contenido de los mensajes correspondientes a cada tipo de elemento de señalización, y la descripción de la cromática de los vehículos.

Capítulo 15. Plan de negocios

Este informe detalla las características económico-financieras de la reestructuración del sistema de transporte vigente en ese momento hacia el SITP. Se define el plan de negocios como el documento que aborda aspectos operacionales y financieros esenciales, buscando brindar viabilidad al proyecto.

La propuesta incluye la misión y visión del proyecto, así como objetivos de gestión y operación dirigidos a todos los operadores involucrados. Se especifican acciones y estrategias de implementación, como la integración de concesionarios, la modificación de concesiones y la creación



de un fideicomiso de garantía y administración. Además, se presenta un plan de divulgación con el objetivo de obtener recursos para la implementación a través de una sociedad público-privada.

El informe también exhibe los resultados de la evaluación financiera del proyecto, dividiendo las áreas de negocio (operación de autobuses, centro de control, centro de recaudo, terminales, patios y talleres) para determinar su contribución a la tarifa al usuario. El análisis abarca 20 años (2007-2027) con tres escenarios: base, moderado y optimista, junto con dos tasas de descuento (12% y 15%). La recomendación, basada en el escenario moderado con una tarifa de \$6.00 y una Tasa Interna de Retorno del 28.29%, sugiere la adopción de dicho escenario bajo la premisa de inversiones sin aportes públicos.

Capítulo 16. Propuesta legal e institucional

Este documento presenta la estrategia y propuestas legales e institucionales para la implementación del SITP desde una perspectiva estatal y municipal. Los objetivos delineados incluyen el diseño o rediseño del sistema institucional para asegurar una organización adecuada de los sistemas de tránsito y transporte, la formulación de programas de capacitación para actores clave en el sector, la identificación de necesidades de recursos humanos y equipamiento, así como la detección de posibles estudios complementarios.

Entre las propuestas destacadas se encuentran convenios de coordinación para la asignación de recursos y/o construcción y mantenimiento de la infraestructura del SITP, definiendo las responsabilidades de cada parte. También se propone un convenio para asignar al municipio funciones relacionadas con el transporte no motorizado. Se plantea la creación de un modelo organizativo-institucional para el SITP, involucrando a agentes reguladores, gestores y operadores, con participación municipal.

Adicionalmente, introduce la figura del Distrito o Centro de Parqueo, una entidad conformada por el Estado y el Municipio, con posibilidad de inversión privada, encargada de gestionar el estacionamiento en vía pública. En relación con la construcción de la primera ruta troncal, se proponen acciones como la creación de un órgano de gestión, la celebración de convenios de coordinación, encuentros con operadores tradicionales, y la constitución de un fideicomiso y operación exitosa del SITP.



Capítulo 17. Términos de referencia

Contiene una propuesta de términos de referencia para conducir una licitación para la contratación de una empresa consultora para la realización del proyecto ejecutivo del corredor de transporte público "Tecnológico – Vallarta – Universidad – Centro – Fuentes Mares".

5.3.2. Evaluación de los capítulos

La propuesta central del PSMUS 2009 se concentra predominantemente en el desarrollo del transporte público, basándose en la concepción de un sistema integrado en sus tres dimensiones fundamentales: operativa, tarifaria y física. Esta conceptualización va acompañada de una estrategia de implementación que considera ajustes normativos e institucionales para conferir viabilidad jurídica y funcional al proyecto.

La mejora de la accesibilidad del modelo troncoalimentado, junto con los beneficios anticipados de reducción de tiempos y costos de viaje, así como los efectos esperados de disminución de emisiones contaminantes, posicionan la propuesta como un componente esencial para la movilidad sostenible. Esta iniciativa buscaba instigar un cambio dirigido a mejorar las condiciones existentes en el momento de su concepción, al mismo tiempo que aspiraba a atraer a un mayor número de personas.

Aunque el enfoque presentado responde adecuadamente a los principios de la movilidad sostenible y a una visión centrada en las personas, la realidad actual del transporte público indica que el proyecto fue implementado de manera parcial, sin lograr los objetivos o metas previstos.

Las lecciones extraídas de este proceso son cruciales para replantear el modelo propuesto, adaptándolo a las condiciones actuales, ya sean de índole técnico-operacional, capacidades económico-financieras o normativas.

Como se ha observado en proyectos similares en el país, los recursos necesarios para la implementación de este tipo de iniciativas han resultado ser mayores a las estimaciones originales. Por lo tanto, es imperativo revisar y ajustar el modelo, considerando las lecciones aprendidas, para asegurar una implementación exitosa y alineada con los objetivos de movilidad sostenible en la Zona Metropolitana de Chihuahua.



Tabla 10. Evaluación de coherencia de las propuestas de transporte público

Variable		Resultado	Valor
Principios de la movilidad	Accesibilidad	Garantiza el acceso pleno en igualdad de condiciones, con dignidad y autonomía a todas las personas con especial atención a personas con discapacidad, movilidad limitada y grupos en situación de vulnerabilidad.	4
	Calidad	Garantiza que los sistemas de movilidad, infraestructura, servicios, vehículos y transporte público cuenten con los requerimientos y las condiciones para su óptimo funcionamiento con propiedades aceptables para satisfacer las necesidades de las personas.	4
	Eficiencia	Garantiza la maximización de desplazamientos ágiles y asequibles optimizando los recursos ambientales y económicos disponibles.	4
	Equidad	Presenta áreas de oportunidad en abordar las condiciones y aspiraciones diferenciadas para lograr la equidad en la movilidad urbana.	2
	Igualdad e inclusión	Aborda de manera efectiva la igualdad e inclusión, garantizando la atención de forma incluyente, igualitaria y sin discriminación las necesidades de todas las personas en sus desplazamientos.	4
	Innovación tecnológica	Impulsa de manera efectiva el uso de soluciones y sistemas tecnológicos que permiten un desempeño eficiente de la movilidad, generando un desarrollo sustentable en eficiencia energética y fuentes de energía renovable.	4
	Intermodalidad	Ofrece múltiples modos y servicios de transporte para todas las personas usuarias, que se articulan e integran entre sí y con la estructura urbana, reduciendo la dependencia del vehículo particular motorizado.	4
Sostenibilidad	Satisface las necesidades de movilidad procurando los menores impactos negativos en el medio ambiente y la calidad de vida de las personas, garantizando un beneficio continuo para las generaciones actuales y futuras.	4	
Visión de ciudad	Creación de entornos urbanos pensados para las personas	Prioriza las necesidades y bienestar de las personas en el diseño de los espacios urbanos, en lugar de enfocarse en el tráfico vehicular. Se promueve la accesibilidad, la intermodalidad, la sostenibilidad y la calidad de vida de las personas usuarias, reduciendo los impactos negativos en el medio ambiente y garantizando un beneficio continuo para las generaciones actuales y futuras.	4
	Privilegiar la vida de las personas en el diseño de la accesibilidad, conectividad y movilidad regional y urbanas	Aborda de manera efectiva la eliminación de obstáculos y barreras de acceso, discriminación, exclusiones, restricciones. Promueve la inclusión y la igualdad de oportunidades para todas las personas, con especial atención a personas con discapacidad, movilidad limitada y grupos en situación de vulnerabilidad.	4

Fuente: Elaboración propia



Tabla 11. Evaluación de impacto y viabilidad de las propuestas de transporte público

Variable	Resultado	Valor
Impacto en la movilidad sostenible	Se evalúa como de muy alto impacto, ya que las acciones propuestas tienen el potencial de fomentar un cambio modal hacia medios de transporte más sostenibles, con beneficios ambientales y sociales notables.	4
Nivel de inclusión y equidad	Se considera muy alto, ya que el desarrollo de alternativas de movilidad se orienta hacia todas las personas, sin distinciones socioeconómicas, raciales, culturales o de género, abarcando a todos los segmentos poblacionales.	4
Nivel de aceptación	Se percibe como de alta relevancia, dada la problemática identificada en el transporte público y su impacto significativo en la población usuaria. La inversión en la mejora de las condiciones del servicio se considera crucial para abordar estos problemas.	4
Potencial de implementación	Se considera de bajo nivel de implementación, ya que el completo desarrollo de mejoras en el transporte público no depende únicamente de elementos de infraestructura, sino también de cambios normativos e institucionales. Esta complejidad puede dificultar la continuidad y ejecución efectiva de las mejoras propuestas.	2

Fuente: Elaboración propia

5.4. Infraestructura vial y gestión del tránsito

El PSMUS 2009 dedicó 3 de sus capítulos a temas relacionados con infraestructura vial y gestión del tránsito. Debido a la naturaleza de sus propuestas, cada una de estas iniciativas ha sido evaluada de forma independiente.

5.4.1. Resumen de las propuestas

Capítulo 2. Plan de vialidades

El documento propone la configuración de una red vial estratégica, basándose en el análisis de las condiciones actuales y en las proyecciones de crecimiento de la ciudad. La propuesta se organiza en cuatro categorías: implementación de pares viales, ampliación de vialidades existentes, construcción de nuevas vialidades y creación de pasos a desnivel y puentes vehiculares.

Las acciones inmediatas incluyen la implementación de 12 pares viales con una inversión total de \$111 millones de pesos. A corto plazo, se contempla la implementación de 5 pares viales, la ampliación de 3 vialidades existentes, la construcción de 25 nuevas vialidades o prolongaciones, y la edificación de 4 pasos a desnivel, requiriendo una inversión total de \$1,409 millones de pesos.



En el horizonte a mediano plazo, se propone la implementación de 4 pares viales, la continuidad y creación de nuevas vialidades en 34 proyectos, así como la construcción de 33 puentes vehiculares o distribuidores viales, con una inversión estimada de \$3,340 millones de pesos. A largo plazo, se sugiere la continuidad y desarrollo de nuevas vialidades en 22 proyectos, junto con la construcción de 19 puentes vehiculares, con una inversión total proyectada de \$2,152 millones de pesos.

Capítulo 3. Diseño operacional del tránsito

El documento propone mejoras en el tráfico con el objetivo de aumentar la capacidad vehicular y mejorar los niveles de servicio en las vías de la ciudad. Se estructura en dos secciones: la primera se centra en el corredor troncal del SITP, y la segunda aborda el resto de la ciudad, organizando las propuestas en acciones inmediatas, de corto, mediano y largo plazo.

Para cada intersección mencionada, se proporcionan esquemas de operación, propuestas de ajustes geométricos, señalización horizontal y vertical, cuantificación de superficies a pavimentar y construcción de banquetas, junto con croquis de las fases operativas. Entre las acciones inmediatas, se destacan la instalación de semáforos vehiculares y peatonales en intersecciones existentes, la renovación tecnológica de controladores semafóricos, la ampliación de la red de fibra óptica y propuestas de intervención en intersecciones conflictivas.

A corto plazo, se plantea la instalación de semáforos en más intersecciones, cambio de controladores, instalación de semáforos peatonales, construcción de fibra óptica, mejora de señalamiento en vialidades y sincronización semafórica, con una inversión estimada de \$27.9 millones de pesos, excluyendo la señalización. A mediano plazo, se incluye el mantenimiento del señalamiento y semáforos, instalación de semáforos en más intersecciones, ampliación de la red de fibra óptica y semáforos peatonales. A largo plazo, se plantea el mantenimiento del señalamiento y semáforos, instalación de semáforos en un mayor número de intersecciones, ampliación de la red de fibra óptica y más semáforos peatonales.

Capítulo 4. Sistema de administración de pavimentos

Consiste en el desarrollo de una propuesta para implementar un Sistema de Administración de Pavimentos (SAP) el cual está definido como "proceso para organizar, coordinar y controlar todas las actividades que afectan el costo y la vida de los pavimentos" a cargo de la estructura municipal del



Ayuntamiento de Chihuahua por medio de la coordinación de las diferentes direcciones involucradas en la planeación, financiamiento, administración y ejecución de proyectos de infraestructura vial.

La propuesta desarrolla los conceptos fundamentales de un SAP, así como una propuesta de costos de implementación del SAP estimados en \$5.00 mdp para el primer año y \$2.34 mdp para los subsecuentes.

5.4.2. Evaluación de los capítulos

Capítulo 2. Plan de vialidades

La conceptualización del plan de vialidades refleja una estructura integral que vincula proyectos de desarrollo urbano, transporte público, movilidad no motorizada y estacionamientos. Las acciones propuestas abarcan cambios en sentidos de circulación, pavimentación de tramos, señalización, semaforización, adecuaciones geométricas, construcción de puentes y pasos a desnivel, así como la prohibición de estacionamiento en algunas vialidades.

Sin embargo, se observa una limitación en el enfoque del plan, ya que está principalmente orientado a aumentar la capacidad vial y resolver problemas de vehículos motorizados mediante rediseños geométricos y pasos a desnivel. No se evidencia con claridad un enfoque hacia la mejora de condiciones para la movilidad no motorizada, especialmente para la ciclista, ni para el transporte público.

En la revisión, se identifica la ausencia de consideraciones clave, como derechos de vía para el transporte público, infraestructura ciclista y obras que faciliten la permeabilidad de grandes vialidades, como cruces a nivel o puentes peatonales. Esto indica que el enfoque del plan de vialidades propuesto en el PSMUS 2009 no se alinea con la visión actual de la movilidad, que requiere considerar la accesibilidad, seguridad vial y la intermodalidad desde la conceptualización de la infraestructura. Es necesario ajustar el enfoque para abordar de manera más integral las necesidades de movilidad sostenible y garantizar una planificación urbana acorde con los principios contemporáneos

Tabla 12. Evaluación de coherencia de las propuestas del plan de vialidades

Variable	Resultado	Valor
Accesibilidad	Presenta áreas de oportunidad en abordar la garantía de acceso pleno en igualdad de condiciones, con dignidad y autonomía a todas las personas.	2



Variable		Resultado	Valor
Principios de la movilidad	Calidad	Presenta áreas de oportunidad en abordar la garantía de calidad en sistemas de movilidad, infraestructura, servicios, vehículos .	2
	Eficiencia	Presenta áreas de oportunidad en abordar la maximización de desplazamientos ágiles y asequibles, y/o en la optimización de recursos ambientales y económicos.	2
	Equidad	Presenta áreas de oportunidad en abordar las condiciones y aspiraciones diferenciadas para lograr la equidad en la movilidad urbana.	2
	Igualdad e inclusión	No garantiza la igualdad e inclusión en la movilidad urbana, y no cumple con los requisitos necesarios para asegurar la atención de las necesidades de todas las personas en sus desplazamientos.	1
	Innovación tecnológica	Presenta áreas de oportunidad al impulsar el uso de soluciones y sistemas tecnológicos para un desempeño eficiente de la movilidad, y/o en la promoción del desarrollo sustentable en eficiencia energética y fuentes de energía renovable.	2
	Intermodalidad	Presenta áreas de oportunidad en la promoción de la intermodalidad y/o en la oferta de múltiples modos y servicios de transporte para las personas usuarias, así como en la integración con la estructura urbana.	2
	Sostenibilidad	No satisface las necesidades de movilidad procurando los menores impactos negativos en el medio ambiente y la calidad de vida de las personas, y/o no cumple con los requisitos necesarios para promover la sostenibilidad en la movilidad.	1
Visión de ciudad	Creación de entornos urbanos pensados para las personas	No prioriza las necesidades y bienestar de las personas en el diseño de los espacios urbanos, y/o presenta deficiencias en la promoción de la accesibilidad, la intermodalidad, la sostenibilidad y la calidad de vida de las personas usuarias.	2
	Privilegiar la vida de las personas en el diseño de la accesibilidad, conectividad y movilidad regional y urbanas	No aborda adecuadamente la eliminación de obstáculos y barreras de acceso, discriminación, exclusiones, restricciones físicas, culturales, económicas, y/o presenta deficiencias en la promoción de la inclusión y la igualdad de oportunidades para todas las personas.	2

Fuente: Elaboración propia

Muestra un impacto limitado en la movilidad sostenible y la equidad, al centrarse en mejorar las condiciones del tránsito vehicular. Aunque tiene una alta aceptación social, el bajo potencial de implementación sugiere que podrían ser necesarios ajustes para superar desafíos operativos y garantizar la ejecución efectiva de las acciones propuestas. Considerar otras modalidades de transporte y abordar de manera más integral la movilidad urbana podría mejorar el impacto global del sistema en la ciudad.



Tabla 13. Evaluación de impacto y viabilidad de las propuestas del plan de vialidades

Variable	Resultado	Valor
Impacto en la movilidad sostenible	Se evalúa como de muy bajo impacto, ya que el plan de vialidades se centra en el tráfico motorizado, sin abordar de manera integral otras modalidades de transporte más sostenibles.	1
Nivel de inclusión y equidad	Se considera de muy bajo nivel de inclusión y equidad, ya que prioriza la solución al tránsito motorizado, relegando el espacio público en gran medida a las personas usuarias del vehículo motorizado, sin atender de manera equitativa a otras formas de movilidad.	1
Nivel de aceptación	Se percibe como de muy alta aceptación social, ya que las acciones propuestas beneficiarían a un gran número de personas en una ciudad con alta motorización. La aceptación se relaciona principalmente con la mejora del tráfico vehicular.	4
Potencial de implementación	Se considera de alto nivel de implementación, ya que las propuestas del plan de vialidades pueden quedar establecidas en otros instrumentos de planificación, además de contar con altos niveles de aceptación social, especialmente en una ciudad con alta motorización.	3

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 3. Diseño operacional del tránsito

La conceptualización de estas propuestas tiene como objetivo fundamental mejorar la capacidad y el nivel de servicio del sistema vial para facilitar el flujo del tránsito vehicular en corredores viales e intersecciones, con especial atención a la operación de la línea troncal del SIT mediante acciones orientadas al aprovechamiento del sistema centralizado, mejora del nivel de servicio en intersecciones conflictivas y el mejoramiento de corredores viales.

De manera específica, se propone el cambio de controladores, la expansión de la red de fibra óptica, la reprogramación de fases y ciclos, la colocación de semáforos peatonales en algunas de las intersecciones propuestas, la sincronización semafórica, así como modificaciones geométricas acompañadas de señalización horizontal y vertical, y el control del estacionamiento en vía pública.

Por tanto, el enfoque de la propuesta del diseño operacional del tránsito corresponde parcialmente a una visión actual de la movilidad, específicamente en lo que trata sobre la operación del transporte público y su interacción con el resto de los vehículos, sin indicar consideraciones de accesibilidad universal o seguridad vial para peatones o ciclistas. Sin embargo, fuera de lo referente al transporte público, el resto de las acciones planteadas son principalmente para mejorar el tránsito de vehículos sin tomar en cuenta el resto de las modalidades de transporte.



Tabla 14. Evaluación de coherencia de las propuestas de diseño operacional del tránsito

Variable		Resultado	Valor
Principios de la movilidad	Accesibilidad	Presenta áreas de oportunidad en abordar la garantía de acceso pleno en igualdad de condiciones, con dignidad y autonomía a todas las personas.	2
	Calidad	Presenta áreas de oportunidad en abordar la garantía de calidad en sistemas de movilidad, infraestructura, servicios, vehículos.	2
	Eficiencia	Presenta áreas de oportunidad en abordar la maximización de desplazamientos ágiles y asequibles, y/o en la optimización de recursos ambientales y económicos.	2
	Equidad	Presenta áreas de oportunidad en abordar las condiciones y aspiraciones diferenciadas para lograr la equidad en la movilidad urbana.	2
	Igualdad e inclusión	No garantiza la igualdad e inclusión en la movilidad urbana, y no cumple con los requisitos necesarios para asegurar la atención de las necesidades de todas las personas en sus desplazamientos.	1
	Innovación tecnológica	Promueve en gran medida el uso de soluciones y sistemas tecnológicos para un desempeño eficiente de la movilidad.	3
	Intermodalidad	Presenta áreas de oportunidad en la promoción de la intermodalidad y/o en la oferta de múltiples modos y servicios de transporte para las personas usuarias, así como en la integración con la estructura urbana.	2
	Sostenibilidad	No satisface las necesidades de movilidad procurando los menores impactos negativos en el medio ambiente y la calidad de vida de las personas, y/o no cumple con los requisitos necesarios para promover la sostenibilidad en la movilidad.	1
Visión de ciudad	Creación de entornos urbanos pensados para las personas	No prioriza las necesidades y bienestar de las personas en el diseño de los espacios urbanos, y/o presenta deficiencias en la promoción de la accesibilidad, la intermodalidad, la sostenibilidad y la calidad de vida de las personas usuarias.	2
	Privilegiar la vida de las personas en el diseño de la accesibilidad, conectividad y movilidad regional y urbanas	No prioriza las necesidades y bienestar de las personas en el diseño de los espacios urbanos, y/o presenta deficiencias en la promoción de la accesibilidad, la intermodalidad, la sostenibilidad y la calidad de vida de las personas usuarias.	2

Fuente: Elaboración propia

Muestra un impacto limitado en la movilidad sostenible y la equidad, al centrarse en mejorar las condiciones del tránsito vehicular. Aunque tiene una alta aceptación social y un potencial considerable de implementación, sería beneficioso revisar y ajustar las estrategias para incorporar de manera más integral y equitativa otros modos de transporte. Considerar el transporte público y modos no



motorizados podría aumentar significativamente el impacto positivo en la movilidad y la equidad en la ciudad.

Tabla 15. Evaluación de impacto y viabilidad de las propuestas del diseño operacional del tránsito

Variable	Resultado	Valor
Impacto en la movilidad sostenible	Se evalúa como de bajo impacto en la movilidad sostenible, ya que su enfoque está principalmente orientado a mejorar las condiciones del tránsito vehicular, sin abordar integralmente otros modos de transporte que podrían beneficiarse de las mejoras.	2
Nivel de inclusión y equidad	Se considera de muy bajo nivel de inclusión y equidad, ya que su enfoque se centra en la mejora del tránsito de vehículos, sin proporcionar consideraciones significativas para otros modos de transporte, colectivo o individual.	1
Nivel de aceptación	Se percibe como de muy alta aceptación social, ya que las acciones propuestas beneficiarían a un gran número de personas en una ciudad con alta motorización. La mejora en las condiciones del tránsito vehicular suele ser bien recibida por la población.	4
Potencial de implementación	Se considera de alto nivel de implementación, ya que las propuestas del diseño operacional del tránsito pueden quedar establecidas en otros instrumentos de planificación, además de contar con altos niveles de aceptación social.	4

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 4. Sistema de administración de pavimentos

La propuesta describe los elementos clave a considerar en la evaluación del estado del pavimento e identifica los componentes necesarios para su desarrollo. Asimismo, plantea los desafíos y etapas de implementación y operación, abordando aspectos desde la perspectiva legal hasta la institucional.

La naturaleza de la propuesta se centra en el conocimiento del estado de la superficie de rodamiento de vehículos y, por ende, no profundiza en detalles sobre modos de transporte adicionales. Por consiguiente, la propuesta se considera específica para el tránsito motorizado, lo que la aleja de la visión actual de la movilidad que podría abarcar elementos para la evaluación y mantenimiento de todos los componentes que conforman la estructura vial, incluyendo banquetas o camellones.



Tabla 16. Evaluación de coherencia de las propuestas del sistema de administración de pavimentos

Variable		Resultado	Valor
Principios de la movilidad	Accesibilidad	No garantiza el acceso pleno en igualdad de condiciones, con dignidad y autonomía a todas las personas, especialmente a con especial atención a personas con discapacidad, movilidad limitada y grupos en situación de vulnerabilidad.	1
	Calidad	No garantiza la calidad en sistemas de movilidad, infraestructura, servicios y no cumple con los requisitos necesarios para asegurar la calidad aceptable en la prestación de servicios y la movilidad de las personas.	1
	Eficiencia	No garantiza la maximización de desplazamientos ágiles y asequibles, ni la optimización de recursos ambientales y económicos.	1
	Equidad	No reconoce las condiciones y aspiraciones diferenciadas para lograr el ejercicio de iguales derechos y oportunidades en la movilidad urbana, y no cumple con los requisitos necesarios para asegurar la equidad en la movilidad de las personas	1
	Igualdad e inclusión	No garantiza la igualdad e inclusión en la movilidad urbana, y no cumple con los requisitos necesarios para asegurar la atención de las necesidades de todas las personas en sus desplazamientos.	1
	Innovación tecnológica	Promueve en gran medida el uso de soluciones y sistemas tecnológicos para un desempeño eficiente de la movilidad.	3
	Intermodalidad	No ofrece intermodalidad entre distintos modos y servicios de transporte para las personas usuarias, y no cumple con los requisitos necesarios para promover la intermodalidad en la movilidad.	1
	Sostenibilidad	No satisface las necesidades de movilidad procurando los menores impactos negativos en el medio ambiente y la calidad de vida de las personas, y/o no cumple con los requisitos necesarios para promover la sostenibilidad en la movilidad.	1
Visión de ciudad	Creación de entornos urbanos pensados para las personas	No prioriza las necesidades y bienestar de las personas en el diseño de los espacios urbanos, y/o presenta deficiencias en la promoción de la accesibilidad, la intermodalidad, la sostenibilidad y la calidad de vida de las personas usuarias.	2
	Privilegiar la vida de las personas en el diseño de la accesibilidad, conectividad y movilidad regional y urbanas	No aborda adecuadamente la eliminación de obstáculos y barreras de acceso, discriminación, exclusiones, restricciones físicas, culturales, económicas, y/o presenta deficiencias en la promoción de la inclusión y la igualdad de oportunidades para todas las personas.	2

Fuente: Elaboración propia

Muestra un impacto limitado en la movilidad sostenible y la equidad, al centrarse en mejorar las condiciones del tránsito vehicular. Aunque tiene una alta aceptación social, el bajo potencial de



implementación sugiere que podrían ser necesarios ajustes para superar desafíos operativos y garantizar la ejecución efectiva de las acciones propuestas. Considerar otras modalidades de transporte y abordar de manera más integral la movilidad urbana podría mejorar el impacto global del sistema en la ciudad.

Tabla 17. Evaluación de impacto y viabilidad de las propuestas del sistema de administración de pavimentos

Variable	Resultado	Valor
Impacto en la movilidad sostenible	Se evalúa como de bajo impacto en la movilidad sostenible, ya que su enfoque está principalmente dirigido a mejorar las condiciones del tránsito vehicular, sin abordar de manera integral otros modos de transporte que podrían beneficiarse de las mejoras propuestas.	2
Nivel de inclusión y equidad	Se considera de muy bajo nivel de inclusión y equidad, ya que se orienta principalmente hacia la mejora de las condiciones del tránsito vehicular, sin proporcionar consideraciones significativas para otros modos de transporte, ya sean colectivos o individuales.	1
Nivel de aceptación	Se percibe como de muy alta aceptación social, ya que las acciones propuestas beneficiarían a un gran número de personas en una ciudad con alta motorización. La mejora en las condiciones del tránsito vehicular suele ser bien recibida por la población.	4
Potencial de implementación	Se considera de bajo nivel de implementación, ya que requiere de una estructura operativa y con capacidad de acción para pasar de las acciones diagnósticas a las ejecutivas del mantenimiento. Esto indica que la implementación efectiva podría enfrentar desafíos logísticos y operativos.	2

Fuente: Elaboración propia

5.5. Gestión del estacionamiento

5.5.1. Resumen de las propuestas

Presenta un programa para la gestión del estacionamiento que tiene como objetivo responder a la visión de ciudad y a la dinámica de los procesos de crecimiento y transformación. Su conceptualización se basa en diversos principios: movilidad, productividad y competitividad, autorregulación ciudadana, seguridad, apoyo a la estructuración al modelo de ciudad definido en el PSMUS 2009, mitigar el impacto social y económico del estacionamiento, mitigar el impacto del estacionamiento en el espacio público vial, regular el estacionamiento fuera de vía y establecer mecanismos para el cumplimiento de la normatividad de construcciones y normas técnicas.



La propuesta incluye una serie de políticas para guiar la actuación de las autoridades relacionadas con la oferta en relación con la demanda, a los cupos fuera de vía y a las tarifas. Las acciones se estructuran en torno a programas relacionados con los principios y políticas de la siguiente forma:

- Programa de mejora del marco legal e institucional.
- Programa de estacionamiento en vía y apoyo al control del estacionamiento ilegal.
- Programa de regulación de los estacionamientos públicos fuera de vía.
- Programa de regulación del estacionamiento privado.
- Programa de provisión de estacionamientos públicos en edificaciones.

Adicionalmente plantea la creación de 2 distritos de estacionamiento (Centro y San Felipe), así como regulación en corredores de alta actividad comercial y de servicios acordes con las dinámicas de viajes. Estos distritos plantean la aplicación de políticas específicas para cada zona, un programa de concesión del estacionamiento en vía pública, así como el modelo de gestión y operación para su implementación.

5.5.2. Evaluación del Capítulo 6. Propuesta de estacionamientos

La gestión del estacionamiento desempeña un papel fundamental en la regulación del vehículo privado, contribuyendo a mejorar las condiciones de operación vehicular y liberar espacios que actualmente limitan el aprovechamiento del espacio público para diversas actividades y modos de transporte. Este enfoque cobra especial relevancia cuando se conceptualiza en función de dichas premisas, contrastando con aquellos objetivos que se centran en aumentar o mejorar la oferta de estacionamiento.

En el contexto del PSMUS 2009, la formulación relativa a los estacionamientos revela una coherencia parcial con la visión de la movilidad sustentable y la proyección de la ciudad en términos de objetivos y acciones específicas. Por un lado, se busca preservar y regular el uso de los espacios públicos, así como racionalizar la utilización del automóvil particular, incentivando el uso de transporte masivo y colectivo. Sin embargo, por otro lado, se observa una búsqueda eficiente para satisfacer la demanda de estacionamientos mediante reglas urbanísticas para nuevas construcciones, las cuales se orientan a cumplir con la demanda generada por la edificación. Este enfoque, que no limita la cantidad máxima de estacionamientos, contradice los objetivos previamente mencionados al no racionalizar la oferta, potencialmente ampliándola para satisfacer la demanda en lugar de gestionarla.



En particular, las propuestas de zonificación de estacionamiento con la implementación de parquímetros, junto con la instalación de biciestacionamientos, son aspectos que podrían considerarse de manera continua. No obstante, las propuestas que buscan establecer un mínimo de cajones de estacionamiento o incrementar la oferta de plazas deben ser reconsideradas, ya que podrían actuar como inductores de la motorización, promoviendo un mayor uso del vehículo privado en detrimento de alternativas más sostenibles.

Tabla 18. Evaluación de coherencia de las propuestas de gestión del estacionamiento

Variable		Resultado	Valor
Principios de la movilidad	Accesibilidad	No garantiza el acceso pleno en igualdad de condiciones, con dignidad y autonomía a todas las personas, especialmente a con especial atención a personas con discapacidad, movilidad limitada y grupos en situación de vulnerabilidad.	3
	Calidad	Presenta áreas de oportunidad en abordar la garantía de calidad en sistemas de movilidad, infraestructura, servicios, vehículos.	2
	Eficiencia	Presenta áreas de oportunidad en abordar la maximización de desplazamientos ágiles y asequibles, y/o en la optimización de recursos ambientales y económicos.	2
	Equidad	No reconoce las condiciones y aspiraciones diferenciadas para lograr el ejercicio de iguales derechos y oportunidades en la movilidad urbana, y no cumple con los requisitos necesarios para asegurar la equidad en la movilidad de las personas.	1
	Igualdad e inclusión	No garantiza la igualdad e inclusión en la movilidad urbana, y no cumple con los requisitos necesarios para asegurar la atención de las necesidades de todas las personas en sus desplazamientos.	1
	Innovación tecnológica	Impulsa de manera efectiva el uso de soluciones y sistemas tecnológicos que permiten un desempeño eficiente de la movilidad, generando un desarrollo sustentable en eficiencia energética y fuentes de energía renovable.	4
	Intermodalidad	No ofrece intermodalidad entre distintos modos y servicios de transporte para las personas usuarias, y no cumple con los requisitos necesarios para promover la intermodalidad en la movilidad.	1
	Sostenibilidad	Presenta áreas de oportunidad en la promoción de la sostenibilidad en la movilidad, y/o en la reducción del impacto ambiental y la mejora de la calidad de vida de las personas.	2
Visión de ciudad	Creación de entornos urbanos pensados para las personas	Aborda en gran medida la creación de entornos urbanos pensados para las personas, aunque podría mejorar en ciertos aspectos, como la implementación de medidas específicas para la inclusión y la igualdad de oportunidades, especialmente para grupos en situación de vulnerabilidad.	3
	Privilegiar la vida de las personas en el diseño de la accesibilidad,	No aborda adecuadamente la eliminación de obstáculos y barreras de acceso, discriminación, exclusiones, restricciones físicas, culturales, económicas, y/o presenta deficiencias en la promoción de la inclusión y la igualdad de oportunidades para todas las personas.	2



Variable		Resultado	Valor
	conectividad y movilidad regional y urbanas		

Fuente: Elaboración propia

Presenta un impacto significativo en la movilidad sostenible, pero su efectividad depende en gran medida del enfoque adoptado. Acciones que busquen reducir el uso del vehículo privado pueden tener un impacto positivo, mientras que aquellas que simplemente aumenten la oferta podrían ser contraproducentes.

Tabla 19. Evaluación de impacto y viabilidad de las propuestas de gestión del estacionamiento

Variable	Resultado	Valor
Impacto en la movilidad sostenible	Se evalúa como de alto impacto en la movilidad sostenible, pero únicamente si las acciones implementadas buscan reducir el uso del vehículo privado. En cambio, acciones que aumenten la capacidad u oferta podrían ser contraproducentes al fomentar un mayor uso del vehículo privado.	3
Nivel de inclusión y equidad	Se considera de bajo nivel de inclusión y equidad, ya que se enfoca principalmente en abordar la falta de disponibilidad de estacionamiento. Aunque se menciona el objetivo de liberar espacio público para el disfrute de las personas, este aspecto parece secundario.	2
Nivel de aceptación	La aceptación puede ser muy baja si el enfoque utilizado busca limitar o restringir el uso del vehículo privado. Sin embargo, si la propuesta se centra en aumentar la oferta y disponibilidad de estacionamiento, puede ser bien recibida por la población.	1
Potencial de implementación	Se considera de bajo nivel de implementación, ya que requiere altos niveles de aceptación social y coordinación entre entidades públicas. Además, se destaca la necesidad de la capacidad de acción para llevar a cabo una gestión efectiva del espacio de estacionamiento.	2

Fuente: Elaboración propia



6. CONCLUSIONES Y HALLAZGOS FINALES

6.1. Movilidad peatonal

- Propuestas:
 - Corredores multimodales en vialidades con rutas del SIT. Con secciones tipo y trazo longitudinal.
 - Corredores peatonales en la Zona Centro. Sin mayor detalle de secciones o definición de calles.
 - Colocación de semáforos peatonales.
- Las acciones para mejorar la movilidad peatonal son consideradas coherentes con los principios de la movilidad y la visión de ciudad. Las propuestas incluyen corredores multimodales, corredores peatonales y colocación de semáforos peatonales.
- El PSMUS 2009 carece de detalles y criterios de diseño en la propuesta para abordar el déficit de infraestructura peatonal. Por tanto, requiere establecer criterios para el desarrollo de propuestas con características apropiadas de accesibilidad y seguridad vial.
- El enfoque propuesto requiere considerar motivaciones adicionales, como viajes escolares y reducción del déficit de infraestructura, para fomentar el caminar como modalidad de transporte independiente y también de carácter recreativo.

6.2. Movilidad ciclista

- Propuesta:
 - Red de ciclorutas de 279 km articulada con el sistema de transporte público, zonas verdes y peatonales existentes y propuestas.
- Las iniciativas para mejorar la movilidad ciclista son consideradas coherentes con los principios de la movilidad y la visión de ciudad.
- Lo propuesto se ajusta a criterios de multimodalidad basados en pares origen-destino y áreas de alta actividad comercial o industrial relacionada con el desarrollo del SIT.



- La propuesta presenta una red de vías ciclistas sin detalles de diseño. La elección de la infraestructura es crítica para el uso efectivo de la movilidad ciclista.
- Requiere identificar otras áreas de oportunidad para crear sendas ciclistas y posicionar la bicicleta como transporte autosuficiente en diversas zonas de la ciudad.

6.3. Transporte público

- Propuesta:
 - Sistema integrado de transporte público de arquitectura mixta basado en un modelo tronco alimentado de 13 rutas troncales, 19 alimentadoras y 20 convencionales con integración física y tarifaria.
- Enfoque en el desarrollo del transporte público con sistema integrado es coherente con los principios de la movilidad y la visión de ciudad al buscar mejorar accesibilidad y promover movilidad sostenible.
- Implementación parcial del proyecto refleja desafíos actuales en el transporte público. Las lecciones aprendidas, pero no documentadas, resaltan la necesidad de ajustar el modelo considerando aspectos técnico-operacionales, económico-financieros y normativos.
- Reconocimiento de que los recursos necesarios pueden superar las estimaciones iniciales en proyectos similares en el país.

6.4. Infraestructura vial y gestión del tránsito

- Propuestas:
 - Implementación de pares viales, ampliación de vialidades existentes, construcción de nuevas vialidades, creación de pasos a desnivel y puentes vehiculares.
 - Mejoras en el tráfico con el objetivo de aumentar la capacidad vehicular y mejorar los niveles de servicio en las vías de la ciudad.
 - Desarrollo de un sistema de administración de pavimentos para evaluar su estado por medio de una propuesta tecnológica e institucional para su implementación.



- Se identifica la falta de consideraciones clave, como derechos de vía para el transporte público, infraestructura ciclista y obras que faciliten la permeabilidad de grandes vialidades, como cruces a nivel o puentes peatonales.
- Esta ausencia indica que el enfoque del plan de vialidades no se alinea con la visión actual de la movilidad, que requiere considerar la accesibilidad, seguridad vial y la intermodalidad desde la conceptualización de la infraestructura.
- Las propuestas muestran el objetivo de mejorar capacidad y nivel de servicio del sistema vial, por lo tanto, no son coherentes con la visión de la movilidad sostenible y con la visión de ciudad deseada.
- Lo propuesto muestra un enfoque en la operación del transporte público sin considerar accesibilidad universal o seguridad vial para peatones y ciclistas.
- Las acciones propuestas incluyen cambio de controladores, expansión de fibra óptica, sincronización semafórica y modificaciones geométricas, principalmente para mejorar las condiciones de operación vehiculares.
- Propuesta para evaluar estado del pavimento se centra en el tránsito motorizado, no aborda elementos para la evaluación y mantenimiento de toda la estructura vial.

6.5. Gestión del estacionamiento

- Propuestas
 - Programa para la gestión del estacionamiento integrado por políticas referentes al marco legal e institucional, estacionamiento en vía y apoyo al control del estacionamiento ilegal, regulación de los estacionamientos públicos fuera de vía, regulación del estacionamiento privado, provisión de estacionamientos públicos en edificaciones.
 - Creación de 2 distritos de estacionamiento (Centro y San Felipe) y regulación en corredores de alta actividad comercial y de servicios.



- La gestión del estacionamiento es fundamental para regular el vehículo privado y aprovechar el espacio público para diversas actividades y modos de transporte. Por tanto, esta visión es coherente con los principios de la movilidad sostenible y de ciudad deseada.
- La formulación de políticas de estacionamiento en el PSMUS 2009 revela contradicciones entre la preservación del espacio público y la eficiente satisfacción de la demanda de estacionamientos. La orientación de reglas urbanísticas hacia la demanda generada por la edificación, sin limitar la cantidad máxima de estacionamientos, puede ampliar la oferta y no cumplir con los objetivos de racionalización.
- Propuestas como la zonificación con parquímetros y la instalación de biciestacionamientos son positivas, pero establecer un mínimo de cajones o aumentar la oferta puede promover la motorización y perjudicar alternativas sostenibles.



7. FUENTES DE INFORMACIÓN

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2020). Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [CPEUM]. Artículo 4°. DOF 18/12/2020 (México). Disponible en: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>. Consultado en: noviembre 2023

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (2023). Ley General de Movilidad y Seguridad Vial [LGMSV]. Artículo 3°. DOF 29/12/23 Disponible en: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGMSV.pdf>. Consultado en: noviembre 2023

H. Congreso del Estado de Chihuahua (2022). Ley de Transporte del Estado de Chihuahua [LTECH]. Artículo 9°. POE 16/07/2022. Disponible en: <https://www.congresochihuahua2.gob.mx/biblioteca/leyes/archivosLeyes/1526.pdf> Consultado en noviembre 2023

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua [IMPLAN] (2009). Plan Sectorial de Movilidad Urbana Sustentable (PSMUS 2009). Disponible en: https://implanchihuahua.org/Descargables_EP.html. Consultado en: noviembre 2023

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua [IMPLAN] (2023). Borrador final del Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Chihuahua visión 2040, Séptima actualización (PDU 2040). Disponible en: <https://sitioimplan.s3.us-east-2.amazonaws.com/IMPLAN-Datos/pdf/PDU+2040.pdf>. Consultado en: noviembre 2023



Índice de tablas e ilustraciones

Índice de tablas

Tabla 1. Categorías de agrupación de contenidos del PSMUS 2009 para su evaluación.....	
Tabla 2. Definiciones de las variables de los principios de la movilidad sostenible	
Tabla 3. Ejemplo de rúbrica de coherencia con los principios de la movilidad	
Tabla 4. Definiciones de las variables de visión de ciudad.....	
Tabla 5. Ejemplo de rúbrica de coherencia con la visión de ciudad	
Tabla 6. Evaluación de coherencia de la movilidad peatonal	
Tabla 7. Evaluación de impacto y viabilidad de las propuestas de movilidad peatonal.....	
Tabla 8. Evaluación de coherencia de las propuestas de movilidad ciclista	
Tabla 9. Evaluación de impacto y viabilidad de las propuestas de movilidad ciclista	
Tabla 10. Evaluación de coherencia de las propuestas de transporte público	
Tabla 11. Evaluación de impacto y viabilidad de las propuestas de transporte público	
Tabla 12. Evaluación de coherencia de las propuestas del plan de vialidades	
Tabla 13. Evaluación de impacto y viabilidad de las propuestas del plan de vialidades	
Tabla 14. Evaluación de coherencia de las propuestas de diseño operacional del tránsito.....	
Tabla 15. Evaluación de impacto y viabilidad de las propuestas del diseño operacional del tránsito..	
Tabla 16. Evaluación de coherencia de las propuestas del sistema de administración de pavimentos	
Tabla 17. Evaluación de impacto y viabilidad de las propuestas del sistema de administración de pavimentos.....	
Tabla 18. Evaluación de coherencia de las propuestas de gestión del estacionamiento	
Tabla 19. Evaluación de impacto y viabilidad de las propuestas de gestión del estacionamiento	



Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Metodología de la evaluación.....	
Ilustración 2. Propuesta de corredores peatonales del Capítulo 5. Red de ciclorutas.....	
Ilustración 3. Propuesta de la red de ciclorutas	
Ilustración 4. Propuesta de red y cuencas operacionales del SITP	
Ilustración 5. Ejemplo del modelo operacional del SITP	

EL QUE SUSCRIBE, JEFE DEL DEPARTAMENTO DE SERVICIOS JURÍDICOS DE LA SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA DE GOBIERNO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA, CON FUNDAMENTO EN LOS ARTÍCULOS **12** DE LA **LEY ORGÁNICA DEL PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA**; **14, 32 Y 38**, **FRACCION XII DEL REGLAMENTO INTERIOR DE LA SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA**, HACE CONSTAR Y CERTIFICA QUE EN PRESENTE DOCUMENTO ES COPIA FIEL SACADA DE SU ORIGINAL, QUE OBRA EN LOS ARCHIVOS DE ESTA DEPENDENCIA, EL CUAL TUVE A LA VISTA PARA SU COTEJO.

LA PRESENTE CERTIFICACIÓN VA EN **45 (CUARENTA Y CINCO)** FOJAS ÚTILES, PARA LOS EFECTOS LEGALES QUE PROCEDAN A LOS **DIECIOCHO** DÍAS DEL MES DE **JUNIO** DEL AÑO DOS MIL **VEINTICINCO**.

M. D. OMAR MENDOZA RODRÍGUEZ
JEFE DE DEPARTAMENTO DE SERVICIOS JURÍDICOS DE LA
SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA



SERVICIOS JURÍDICOS
SECRETARÍA DE DESARROLLO
URBANO Y ECOLOGÍA



Programa Sectorial Metropolitano de Accesibilidad y Movilidad Sostenibles de Chihuahua

EVALUACIÓN DE ESCENARIOS

Elaborado por:

RED PLANNERS

Febrero 2025



ÍNDICE

1	Introducción	
2	Resumen	
3	Horizontes de planeación	
4	Metodología	
4.1	Porcentajes de población por modo y motivo	
4.1.1	Crecimiento poblacional	
4.1.2	Parque vehicular	
4.1.3	Tasa de motorización	
4.1.4	Porcentajes de población por modo y motivo	
4.2	Modelo de demanda	
5	Situación actual	
5.1	Población	
5.2	Motorización	
5.2.1	Parque vehicular	
5.2.2	Tasa de motorización	
5.3	Porcentajes de población por modo de transporte y motivo de viaje	
5.4	Modelo de demanda	
5.4.1	Reparto modal	
5.4.2	Flujos vehiculares	
5.4.3	Flujos de pasajeros	
6	Escenario tendencial	
6.1	Población	
6.2	Motorización	
6.2.1	Parque vehicular	
6.2.2	Tasa de motorización	
6.3	Porcentajes de población por modo de transporte y motivo de viaje	
6.3.1	En vehículo privado al trabajo	
6.3.2	En transporte público al trabajo	
6.3.3	Caminar a la escuela	
6.4	Modelo de demanda	
6.4.1	Tendencial a 2030	
6.4.2	Tendencial a 2035	
6.4.3	Tendencial a 2040	
7	Escenario posible	
7.1	Población	
7.2	Motorización	
7.2.1	Parque vehicular	
7.2.2	Tasa de motorización	
7.3	Porcentajes de población por modo de transporte y motivo de viaje	
7.3.1	En vehículo privado al trabajo	
7.3.2	En transporte público al trabajo	
7.3.3	Caminar a la escuela	
7.4	Modelo de demanda	



7.4.1	Posible a 2030	
7.4.2	Posible a 2035.....	
7.4.3	Posible a 2040	
8	Escenario ideal	
8.1	Población.....	
8.2	Motorización.....	
8.2.1	Parque vehicular	
8.2.2	Tasa de motorización.....	
8.3	Porcentajes de población por modo de transporte y motivo de viaje.....	
8.3.1	En vehículo privado al trabajo	
8.3.2	En transporte público al trabajo	
8.3.3	Caminar a la escuela.....	
9	Anexo 1. Modelo de demanda	
9.1	Antecedentes	
9.2	Movilidad cotidiana y viajes en la ZMCH.....	
9.3	Zonificación	
9.4	Definición de la hora de modelación.....	
9.5	Segmentos de demanda.....	
9.6	Modelo de producción y atracción de viajes.....	
9.7	Relaciones de movilidad.....	
9.8	Modelo de distribución de viajes	
9.8.1	Viajes por motivo de trabajo.....	
9.8.2	Viajes con motivo de estudio	
9.8.3	Viajes por otros motivos	
9.8.4	Viajes no basados en el hogar	
9.8.5	Validación	
9.9	Elección del modo de transporte	
9.9.1	Modelación de la elección modal	
9.10	Modelo externo	
9.11	Transporte de mercancías.....	
9.12	Oferta del transporte.....	
9.12.1	Modelo de asignación de transporte privado.....	
9.12.2	Modelo de asignación de transporte público.....	
9.13	Interacción oferta y demanda.....	
10	Ampliación a la red vial.....	
11	Bibliografía	



ACRÓNIMOS

ENAMOV	Estrategia Nacional de Movilidad y Seguridad Vial
BRT	Bus Rapid Transit
IMPLAN	Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
NHB	Non-home-based trips – Viajes no basados en el hogar
NHB	Viajes basados y no basados en el hogar
PDU 2040	Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Chihuahua
PSMAMS	Programa Sectorial Metropolitano de Accesibilidad y Movilidad Sostenibles
SEDATU	Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano
TCMA	Tasa de Crecimiento Media Anual
VMRC	Vehículos de motor registrados en circulación
ZMCH	Zona Metropolitana de Chihuahua



1 INTRODUCCIÓN

Con el propósito de construir una ciudad y zona metropolitana que faciliten el acceso y generen oportunidades urbanas, surge la necesidad de crear un Programa Sectorial Metropolitano de Accesibilidad y Movilidad Sostenible (PSMAMS). Este programa debe guiar estrategias, políticas públicas, proyectos y acciones destinadas a mejorar la accesibilidad y movilidad en la Zona Metropolitana de Chihuahua (ZMCH), priorizando a peatones, ciclistas, usuarios del transporte público y, en último término, al vehículo privado. Este documento tiene como finalidad proporcionar una herramienta analítica que permita comprender y prever los cambios en los patrones de movilidad en la ZMCH contemplando los años 2024, 2030, 2035 y 2040. Mediante este enfoque, se busca impulsar la implementación de medidas que fomenten una movilidad más sostenible y equitativa, contribuyendo así al desarrollo integral y la calidad de vida de las personas que habitan la Zona Metropolitana de Chihuahua (ZMCH).

El presente informe se estructura en siete secciones:

- Resumen: Se describen los principales resultados del documento.
- Horizontes de planeación: Se describen los escenarios y horizontes que se evaluarán.
- Metodología: Se describen brevemente los pasos seguidos para la estimación.
- Situación actual: Se explican los indicadores como población, parque vehicular, tasa de motorización en 2024 y la evaluación del modelo de transporte en el mismo año.
- Escenario tendencial: Se evalúa el efecto en la participación de la población que hace uso del vehículo privado y el transporte público para ir al trabajo y caminar para ir a la escuela en los municipios que conforman la zona metropolitana a partir de la tasa de motorización bajo un escenario sin cambios en infraestructura y políticas para la movilidad.
- Escenario posible: Se evalúan los mismos indicadores que en el escenario tendencial bajo supuestos viables de cambios en la motorización.
- Escenario ideal: Evaluación de indicadores bajo una visión con aspiraciones dentro de la ZMCH.

Finalmente, se integra un anexo metodológico sobre la modelación de la demanda de transporte mediante un modelo de cuatro etapas. En esta etapa se presenta la metodología detallada de modelación.



2 RESUMEN

A continuación, se presenta el resumen de los resultados en los modos de transporte de los tres escenarios a futuro para cada centro de población. En el escenario tendencial, donde se representa una situación en la que no haya cambios en la infraestructura actual y/o cambios en las políticas, se estima un incremento en el porcentaje de la población que utiliza el vehículo privado para ir al trabajo en los tres municipios de la zona metropolitana, en contraste, se espera una reducción de la caminata para ir a la escuela y el uso del transporte público. En tanto, en los escenarios posible e ideal, los resultados indican una reducción en el uso del transporte privado frente al escenario tendencial, siendo el escenario ideal en el que se espera la reducción más alta en los tres municipios. Es relevante aclarar que el escenario “ideal” se denomina así porque representa el máximo potencial alcanzable en términos económicos, sociales, políticos y de infraestructura, para mantener un sistema de movilidad sostenible y eficiente.

Tabla 1. Comparativo de porcentajes de población por modo y motivo de los escenarios a futuro y la línea base

Porcentaje de población que camina a la escuela				
Municipio	Línea base 2024	Horizonte 2040		
		Tendencial	Posible	Ideal
Aldama	28.33%	23.37%	25.35%	28.33%
Aquiles Serdán	65.15%	58.65%	61.25%	65.15%
Chihuahua	22.18%	8.02%	13.69%	22.18%
Porcentaje de población que usa el transporte público para ir al trabajo				
Municipio	Línea base 2024	Horizonte 2040		
		Tendencial	Posible	Ideal
Aldama	10.43%	7.36%	8.59%	10.43%
Aquiles Serdán	41.87%	37.84%	39.46%	41.87%
Chihuahua	16.79%	8.02%	11.53%	16.79%
Porcentaje de población que usa vehículo privado para ir al trabajo				
Municipio	Línea base 2024	Horizonte 2040		
		Tendencial	Posible	Ideal
Aldama	60.38%	68.52%	65.27%	60.38%
Aquiles Serdán	24.15%	34.81%	30.55%	24.15%
Chihuahua	69.19%	92.40%	83.12%	69.19%

Fuente: Elaboración propia a partir de proyecciones de datos del cuestionario ampliado del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020)

Con base en este análisis, se reconoce que el escenario posible es la opción más viable y estratégica para abordar los desafíos de movilidad urbana en la zona metropolitana de Chihuahua. A diferencia del escenario ideal, cuyas metas podrían resultar poco realistas o difíciles de alcanzar en el corto plazo debido a limitaciones presupuestarias, políticas o de



infraestructura, el escenario posible ofrece un equilibrio entre las expectativas y la factibilidad. Su adopción implica la implementación de políticas y medidas que son tanto alcanzables como efectivas en la promoción de una movilidad más sostenible.



3 HORIZONTES DE PLANEACIÓN

El presente apartado tiene como objetivo establecer los horizontes de planeación y definir los escenarios de evaluación para el PSMAMS en cumplimiento de los términos de referencia acordados con el IMPLAN.

A continuación, se presentan los horizontes de planeación definidos que abarcan desde la situación actual hasta el largo plazo, con el fin de proporcionar un marco temporal claro para la planificación y evaluación de las políticas de movilidad y sostenibilidad en la zona metropolitana.

Tabla 2. Horizontes de planeación

Año	Horizonte
2024	Situación actual
2030	Corto plazo
2035	Mediano plazo
2040	Largo plazo

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla, se describen los diferentes escenarios de evaluación, que incluyen la situación actual, tendencial, posible e ideal, con el objetivo de analizar y comparar distintas situaciones futuras en función de las condiciones y tendencias actuales.

Tabla 3. Escenarios de evaluación

Escenario	Horizonte
Situación actual	Se define como el punto de partida a partir del cual se estimará la tendencia, suponiendo que se mantendrá la misma dinámica poblacional y de motorización. Sirve como referencia para comparar los escenarios que están sujetos a la implementación de la estrategia y acciones propuestas.
Tendencial	Es la proyección de la situación actual en el futuro, considerando que las tendencias poblacionales, de motorización y de desarrollo urbano se mantienen constantes.
Posible	Se refiere a una proyección o situación futura que se considera factible o probable de ocurrir en función de las condiciones actuales y las tendencias observadas. En este escenario, se toman de referencia las metas del PDU 2040, séptima actualización, que establecen que: "Para el 2040, el 20% de las personas accederán caminando a su trabajo y el 15% en bicicleta".
Ideal	Se refiere a una proyección futura que describe una situación altamente favorable, deseable y positiva para la zona metropolitana en términos económicos, sociales, políticos, ambientales, entre otros. Este tipo de escenario está caracterizado por presentar condiciones óptimas en todos los aspectos relevantes. Se utiliza como una herramienta para visualizar y aspirar a alcanzar objetivos ambiciosos y deseables en el futuro, considerando las mejores posibilidades para el desarrollo de la ciudad.

Fuente: Elaboración propia

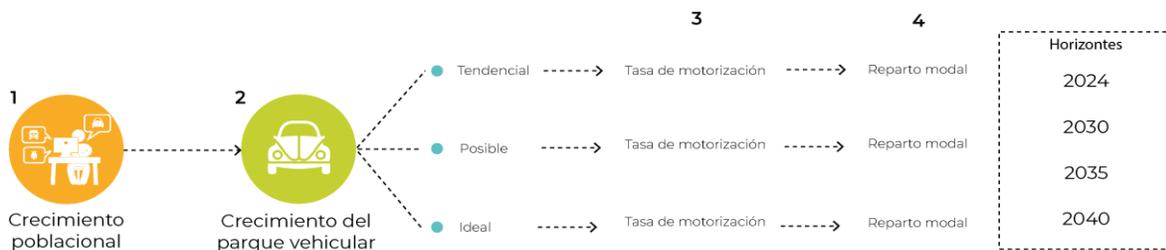


4 METODOLOGÍA

En este apartado se detalla la metodología y supuestos previstos para la elaboración de cuatro escenarios distintos: situación actual, tendencial, posible e ideal. Cada uno de estos escenarios proporcionan una perspectiva sobre el posible desarrollo futuro de la movilidad para cuatro escenarios (situación actual, tendencial, posible e ideal) en 3 horizontes de planeación (años 2030, 2035 y 2040), representado en dos vertientes:

- Porcentajes de población que caminan a la escuela, que utilizan el transporte público o vehículo privado para ir al trabajo por cada municipio de la ZMCH.

Ilustración 1. Metodología para la determinación de escenarios



Fuente: Elaboración propia

- Principales resultados del modelo de demanda: reparto modal (viajes), flujos de vehículos y pasajeros asignados sobre la oferta (vialidades y rutas de transporte público).

4.1 Porcentajes de población por modo y motivo

Las variables que se han considerado para el desarrollo de la línea base de los porcentajes de población por modo de transporte y motivo son la población, parque vehicular, tasa de motorización y porcentajes de población por modo de transporte y motivo de viaje.

Tabla 4. Variables para desarrollo de línea base

Variable	Descripción	Fuente de información
Población	Se refiere al número total de habitantes por municipio de la ZMCH.	<ul style="list-style-type: none"> • Datos históricos de los Censos de población y vivienda del INEGI. • Proyecciones de crecimiento poblacional del Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Chihuahua.
Parque vehicular	Hace referencia al número total de vehículos de motor registrados en circulación en los municipios de la ZMCH.	<ul style="list-style-type: none"> • Estadística de los Vehículos de Motor Registrados en Circulación del INEGI.



Variable	Descripción	Fuente de información
Tasa de motorización	Representa la relación entre el número de vehículos de motor y la población total de los municipios de la ZMCH expresada como el número de vehículos por cada mil habitantes.	<ul style="list-style-type: none"> Estimación propia.
Porcentajes de población por modo de transporte y motivo de viaje	<p>Se refiere a la distribución porcentual de la población según el modo de transporte utilizado para sus desplazamientos diarios, así como los motivos que impulsan dichos viajes. En particular se consideraron los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> Caminando a la escuela. En transporte público al trabajo. En vehículo privado al trabajo. 	<ul style="list-style-type: none"> Encuesta Intercensal 2015 del INEGI. Datos del Censo de Población y Vivienda 2020 del INEGI.

Fuente: Elaboración propia

4.1.1 Crecimiento poblacional

Elaborada a partir de la información de los Censos de Población y Vivienda del INEGI y de las proyecciones de población contenidas en el PDU 2040 para el municipio de Chihuahua. Para todos los escenarios, la población se mantiene constante.

4.1.2 Parque vehicular

Se estimó el parque vehicular para cada escenario considerando los datos históricos y proyecciones de acuerdo con las tendencias identificadas e hipótesis de crecimiento para los escenarios posible e ideal.

4.1.3 Tasa de motorización

Para calcular el porcentaje de población que utilizará distintos modos de transporte, se utilizó como punto de partida la tasa de motorización, la cual se construye a partir de datos poblacionales y de vehículos, según la siguiente fórmula:

$$Tasa\ de\ motorización = \frac{Número\ de\ vehículos}{población\ total} * 1000$$

Diversos estudios han demostrado que existe una correlación negativa entre la tasa de motorización y el uso del transporte público y la caminata. En otras palabras, a mayor tasa de motorización, menor uso del transporte público y la caminata (Ortúzar, 2011). Esta hipótesis se sustenta al revisar datos de motorización y porcentaje de usos por modo de transporte.



4.1.4 Porcentajes de población por modo y motivo

Para estimar el efecto del aumento o disminución de la tasa de motorización sobre los porcentajes de población por modo de transporte y motivo, se estimó un factor de proporcionalidad a nivel estatal a partir de la diferencia de las tasas de motorización en 2020 y 2015 divididos entre la diferencia de los porcentajes de población por modo de transporte y motivo del Censo de Población y Vivienda 2020 y de la Encuesta Intercensal 2015 del INEGI con los siguientes resultados:

Tabla 5. Factores de proporcionalidad entre la tasa de motorización y el uso de modos de transporte

Año	Población (pob)	Parque vehicular (veh)	Tasa de motorización (veh @1,000 hab)	Población que camina a la escuela (%)	Población que usa el transporte público para ir al trabajo (%)	Población que usa vehículo privado para ir al trabajo (%)
2015	3,556,574	1,424,601	400.55	42.83%	18.39%	44.97%
2020	3,741,869	1,725,183	461.05	37.76%	15.25%	53.28%
Factor de proporcionalidad	NA	NA	NA	-0.084%	-0.052%	0.137%

Fuente: Elaboración propia con información de la Encuesta Intercensal 2015 (INEGI, 2015) y del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020)

La tabla 4 proporciona datos comparativos en diferentes años (2015 y 2020) sobre la población, el parque vehicular e indicadores relacionados con la movilidad urbana, como la tasa de motorización y el porcentaje de población que utiliza distintos medios de transporte para desplazarse.

La tasa de motorización, que representa el número de vehículos por cada mil habitantes. Se observa un aumento en esta tasa entre 2015 y 2020, lo que sugiere un incremento en la proporción de vehículos respecto a la población. Los siguientes tres indicadores se refieren al porcentaje de población que utiliza distintos medios de transporte para actividades específicas. Entre 2015 y 2020, se observa una disminución en el porcentaje de población que camina a la escuela y que utiliza el transporte público para ir al trabajo, mientras que aumenta el porcentaje de población que utiliza vehículo privado para ir al trabajo.

Finalmente, se presenta un factor de proporcionalidad para cada uno de los tres últimos indicadores. Este factor indica la variación porcentual entre 2015 y 2020 en el uso de cada medio de transporte. Se observa que los factores son negativos para el porcentaje de población que camina a la escuela y que utiliza transporte público para ir al trabajo, lo que indica una

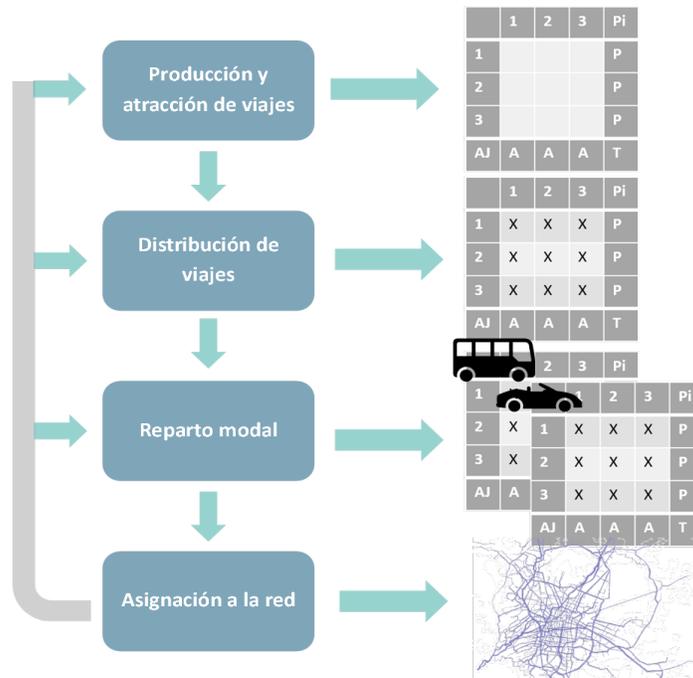


disminución en el uso de estos medios. Por otro lado, el factor es positivo para el porcentaje de población que utiliza vehículo privado para ir al trabajo, lo que refleja un aumento en su utilización.

4.2 Modelo de demanda

Para los resultados de la asignación, se ha desarrollado un modelo de demanda de cuatro etapas para vehículos motorizados y para el transporte público, cuya metodología e insumos se describen con detalle en el Anexo 1.

Ilustración 2. Esquema del modelo de cuatro etapas



Fuente: Elaboración propia



5 SITUACIÓN ACTUAL

5.1 Población

Los censos de población muestran una tendencia constante de aumento de población en todos los municipios de la Zona Metropolitana de Chihuahua (ZMCH) entre los años 2000 y 2020. En términos de crecimiento poblacional, destaca Aquiles Serdán con la tasa más alta de crecimiento promedio, para los años 2000 a 2020 alcanzando un 11.39% anual, en comparación con Aldama (1.90%) y Chihuahua (1.76%) posiblemente impulsados por el desarrollo urbano en la colindancia con el municipio de Chihuahua.

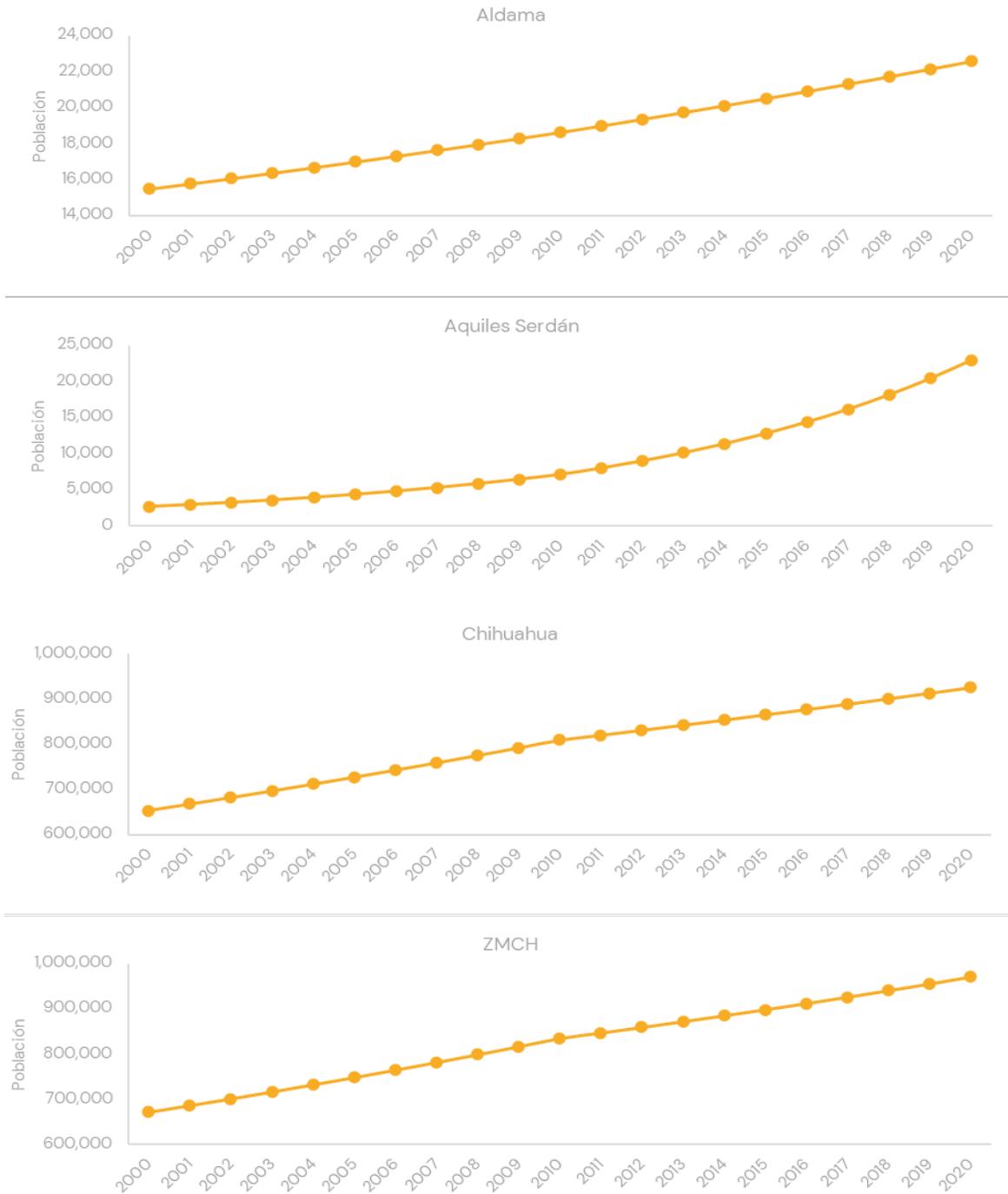
Tabla 6. Crecimiento poblacional en la ZMCH

Año	Población (pob)				TCMA ZMCH 2000 – 2020 (%)
	Aldama	Aquiles Serdán	Chihuahua	ZMCH	
2000	15,502	2,664	653,276	671,442	-
2001	15,791	2,939	667,413	686,143	2.19%
2002	16,085	3,244	681,855	701,183	2.19%
2003	16,384	3,580	696,610	716,574	2.19%
2004	16,689	3,950	711,684	732,324	2.20%
2005	17,000	4,359	727,084	748,444	2.20%
2006	17,316	4,811	742,818	764,945	2.20%
2007	17,639	5,309	758,892	781,840	2.21%
2008	17,967	5,859	775,314	799,140	2.21%
2009	18,301	6,465	792,092	816,858	2.22%
2010	18,642	7,135	809,232	835,009	2.22%
2011	19,002	8,021	820,192	847,215	1.46%
2012	19,368	9,018	831,301	859,687	1.47%
2013	19,742	10,138	842,560	872,440	1.48%
2014	20,123	11,397	853,972	885,492	1.50%
2015	20,511	12,813	865,538	898,862	1.51%
2016	20,907	14,404	877,261	912,573	1.53%
2017	21,310	16,194	889,143	926,647	1.54%
2018	21,722	18,205	901,185	941,112	1.56%
2019	22,141	20,467	913,391	955,998	1.58%
2020	22,568	23,009	925,762	971,339	1.60%

Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (INEGI, 2000 – 2020)



Ilustración 3. Crecimiento poblacional 2000 – 2020



Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (INEGI, 2000 – 2020)



5.2 Motorización

5.2.1 Parque vehicular

El parque vehicular en la ZMCH ha experimentado un crecimiento sostenido durante el periodo 2002 y 2022¹, pasando de 285,175 vehículos a 648,346 vehículos, lo que representa un aumento del 127.35% en este periodo.

Este crecimiento se ha observado en todos los municipios, con Chihuahua a la cabeza, seguido por Aldama y Aquiles Serdán. La tasa de crecimiento anual promedio (TCMA) de la ZMCH ha variado a lo largo del tiempo, con un valor máximo de 10.77% en 2006 y un valor mínimo de -2.95% en 2004. En los últimos años, la tasa de crecimiento ha experimentado una ligera disminución, con un valor de 4.35% en 2022.

Tabla 7. Parque vehicular 2002- 2020

Año	Parque vehicular (veh)				TCMA ZMCH 2002 – 2022 (%)
	Aldama	Aquiles Serdán	Chihuahua	ZMCH	
2002	6,525	1,012	277,638	285,175	-
2003	6,389	1,096	286,940	294,425	3.24%
2004	5,995	1,122	278,631	285,748	-2.95%
2005	6,448	1,220	297,175	304,843	6.68%
2006	7,531	1,525	328,626	337,682	10.77%
2007	7,599	1,632	340,186	349,417	3.48%
2008	7,722	1,737	352,141	361,600	3.49%
2009	8,227	2,113	368,970	379,310	4.90%
2010	8,287	2,218	380,675	391,180	3.13%
2011	7,596	2,271	377,355	387,222	-1.01%
2012	8,050	2,521	400,035	410,606	6.04%
2013	8,164	2,774	439,384	450,322	9.67%
2014	8,825	3,158	475,606	487,589	8.28%
2015	9,357	3,524	497,518	510,399	4.68%
2016	11,127	4,154	540,901	556,182	8.97%
2017	11,085	4,734	515,902	531,721	-4.40%
2018	11,630	5,394	541,136	558,160	4.97%
2019	12,233	6,147	565,589	583,969	4.62%

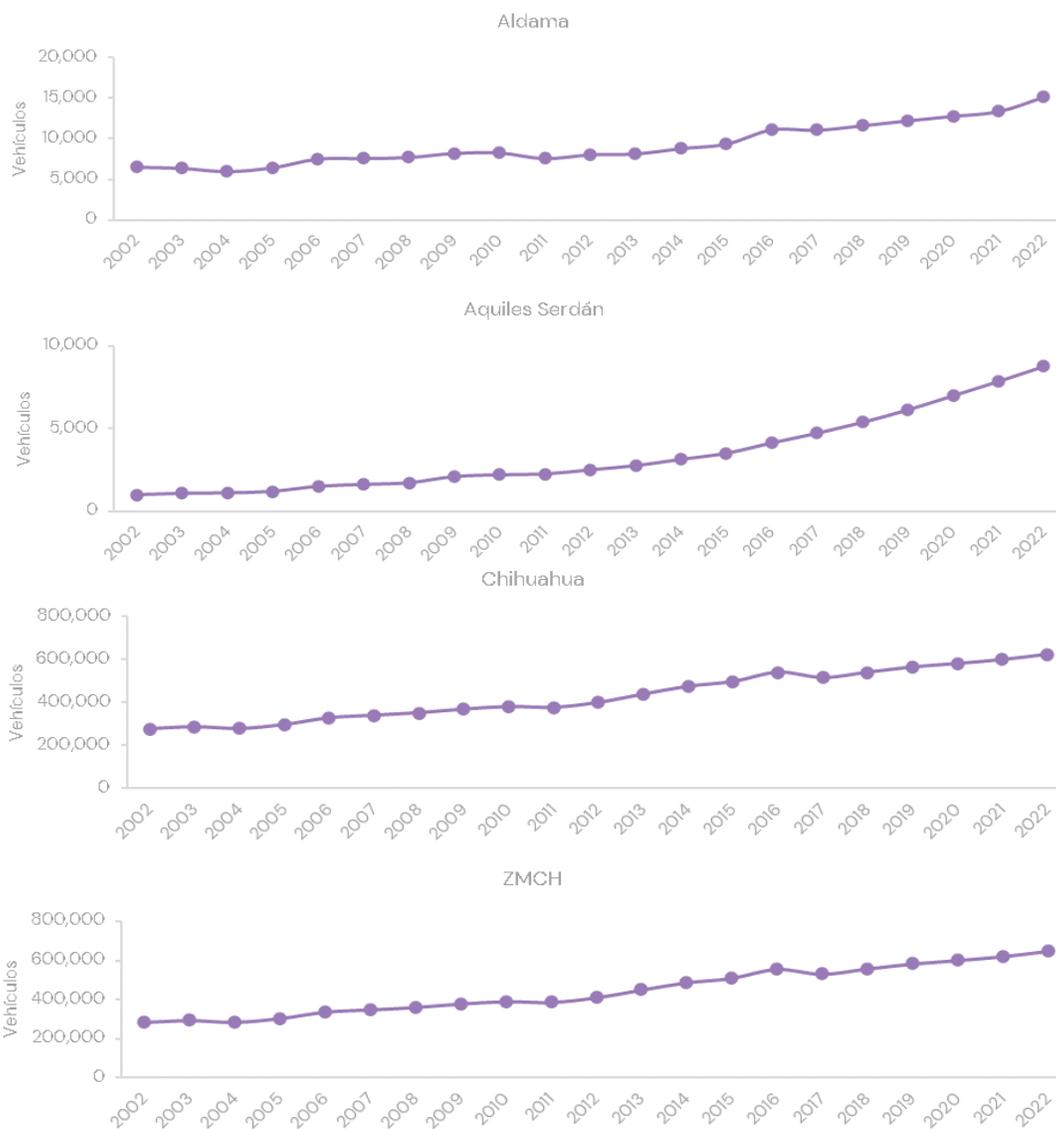
¹ El año 2022 es el último año con cifras definitivas al momento de elaboración del presente documento



Año	Parque vehicular (veh)				TCMA ZMCH 2002 – 2022 (%)
	Aldama	Aquiles Serdán	Chihuahua	ZMCH	
2020	12,797	7,004	581,607	601,408	2.99%
2021	13,371	7,873	600,086	621,330	3.31%
2022	15,143	8,774	624,429	648,346	4.35%

Fuente: Elaboración propia con información de la estadística de VMRC² (INEGI, 2002 – 2022)

Ilustración 4. Parque vehicular 2002 – 2022



² Vehículos de Motor Registrados en Circulación



Fuente: Elaboración propia con información de la estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2022)

5.2.2 Tasa de motorización

La tasa de motorización que se estimó para el periodo 2002 a 2022, se obtuvo dividiendo el parque vehicular estimado entre el total de la población para cada año estudiado con datos provenientes de los Censos de Población y Vivienda, del PDU 2040 y de la estadística de Vehículos de Motor Registrados en Circulación (VMRC).

En el caso de los municipios de Aldama y Chihuahua, el crecimiento fue consistente tanto en el parque vehicular como en la población. Sin embargo, para el municipio de Aquiles Serdán, se detectó una disminución en la tasa de crecimiento de la motorización al aplicar la misma metodología, lo cual contrasta con lo observado en Aldama y Chihuahua, donde las tasas de crecimiento del parque vehicular superan las del crecimiento poblacional.

Tabla 8. Tasa de motorización 2002 – 2022

Año	Vehículos @ 1,000 habitantes				TCMA ZMCH 2002 – 2022 (%)
	Aldama	Aquiles Serdán	Chihuahua	ZMCH	
2002	405.66	311.99	407.18	406.71	-
2003	389.95	306.18	411.91	410.88	1.03%
2004	359.21	284.03	391.51	390.19	-5.03%
2005	379.30	279.86	408.72	407.30	4.38%
2006	434.91	316.99	442.40	441.45	8.38%
2007	430.82	307.40	448.27	446.92	1.24%
2008	429.79	296.48	454.19	452.49	1.25%
2009	449.53	326.81	465.82	464.35	2.62%
2010	444.53	310.86	470.42	468.47	0.89%
2011	399.75	283.12	460.08	457.05	-2.44%
2012	415.63	279.56	481.22	477.62	4.50%
2013	413.53	273.63	521.49	516.16	8.07%
2014	438.55	277.09	556.93	550.64	6.68%
2015	456.19	275.04	574.81	567.83	3.12%
2016	532.21	288.38	616.58	609.47	7.33%
2017	520.17	292.31	580.22	573.81	-5.85%
2018	535.41	296.29	600.47	593.09	3.36%
2019	552.51	300.32	619.22	610.85	2.99%
2020	567.04	304.41	628.25	619.15	1.36%
2021	581.49	308.55	641.58	631.54	2.00%



Año	Vehículos @ 1,000 habitantes				TCMA ZMCH 2002 – 2022 (%)
	Aldama	Aquiles Serdán	Chihuahua	ZMCH	
2022	646.54	312.75	660.85	650.71	3.04%

Fuente: Elaboración propia con información de la estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020)

Ilustración 5. Tasa de motorización 2002 a 2022



Fuente: Elaboración propia con información de la estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2022)



5.3 Porcentajes de población por modo de transporte y motivo de viaje

A partir del cuestionario ampliado de movilidad cotidiana del Censo de Población y Vivienda del 2020, en donde se realizaron preguntas respecto al modo de transporte utilizado para ir al trabajo y a la escuela, se obtuvieron los porcentajes de población por modo de transporte y motivo de viaje.

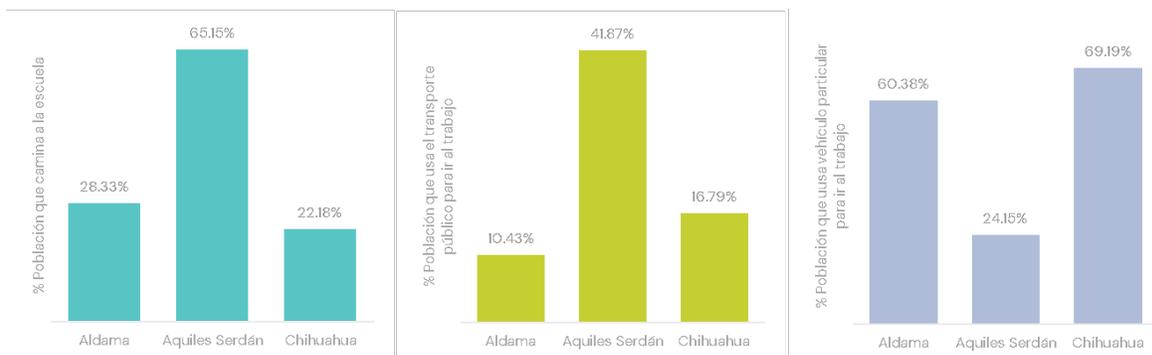
Los datos del Censo 2020 se extrapolaron a 2024 para partir del escenario base. Los municipios de Aldama (60.38%) y Chihuahua (69.19%) muestran una alta utilización del vehículo privado para trasladarse al trabajo, mientras que en Aquiles Serdán un 41.87% de la población opta por el transporte público. En cuanto a los viajes a la escuela, Aquiles Serdán destaca con un 65.15% de la población que camina para llegar a la escuela, en comparación con el 28.33% en Aldama y el 22.18% en Chihuahua.

Tabla 9. Porcentajes de población por modo de transporte y motivo de viaje a 2024

Municipio	Población que camina a la escuela (%)	Población que usa el transporte público para ir al trabajo (%)	Población que usa vehículo privado para ir al trabajo (%)
Aldama	28.33%	10.43%	60.38%
Aquiles Serdán	65.15%	41.87%	24.15%
Chihuahua	22.18%	16.79%	69.19%

Fuente: Elaboración propia con información del cuestionario ampliado del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020)

Ilustración 6. Porcentajes de población por modo de transporte y motivo de viaje



Fuente: Elaboración propia con información del cuestionario ampliado del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020)

5.4 Modelo de demanda

5.4.1 Reparto modal

El reparto modal se calibró, en primer lugar, con base en los datos provistos en el censo de 2020 y se recalibró a fin de representar adecuadamente la situación en la hora de máxima demanda



de la tarde mostrada en los aforos vehiculares y de pasajeros en 2023. El modelo de reparto modal se incorpora al flujo de trabajo dentro del software de modelación VISUM.

El reparto modal global en la hora punta PM indica que el 81% de los viajes motorizados se realizan en vehículo privado y taxi, 14% usan el transporte público y el 5% restante emplean transporte de personal o escolar.

Tabla 10. Reparto modal en situación actual

Modo	2024
Vehículo privado	81%
Transporte público	14%
Transporte especial	5%

Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

El reparto modal calibrado para cada segmento de demanda se resume a continuación.

Ilustración 7. Reparto modal calibrado para viajes por trabajo

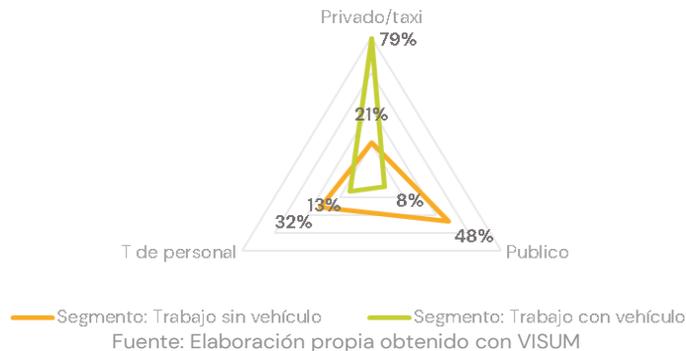


Ilustración 8. Reparto modal calibrado para viajes por estudio

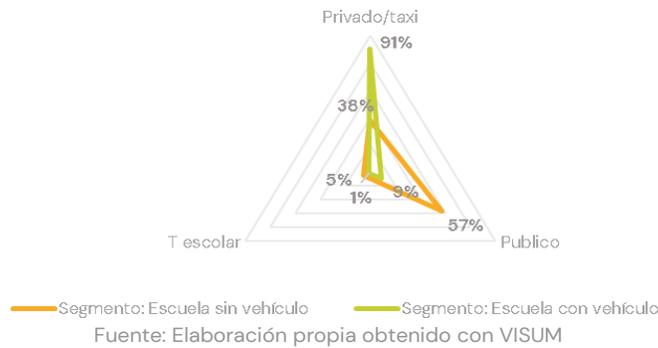




Ilustración 9. Reparto modal calibrado para viajes por otros motivos

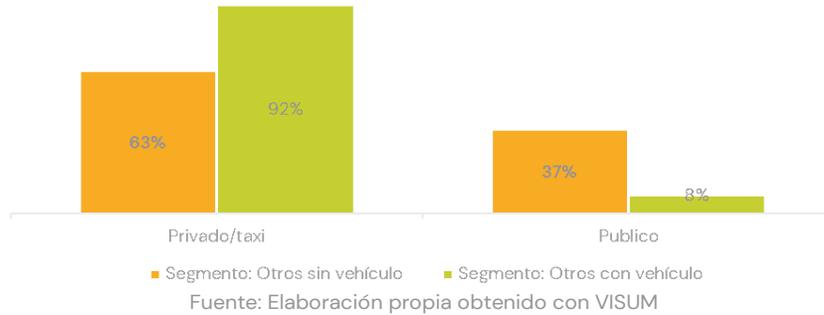


Ilustración 10. Reparto modal calibrado para viajes no basados en el hogar



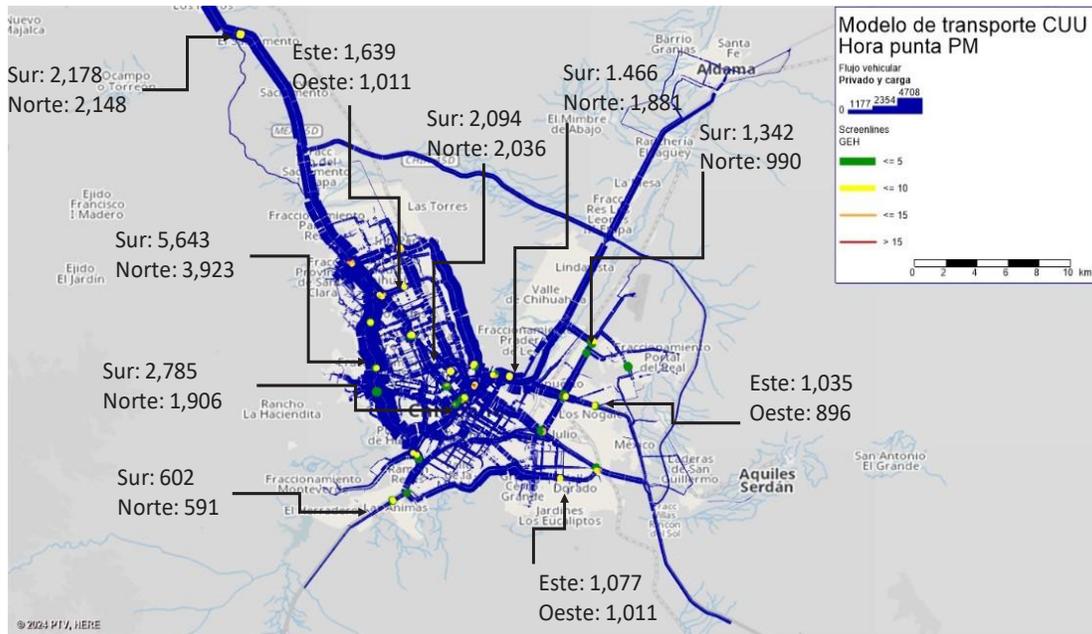
5.4.2 Flujos vehiculares

La asignación del transporte privado se ha definido para cada motivo de viaje (ver Anexo 1. Modelo de demanda), lo que implica la clasificación de los flujos de vehículos privados según el motivo del viaje, incluyendo trabajo, estudio, otros motivos y viajes no basados en el hogar.

En la siguiente ilustración se muestra la asignación de todos los vehículos privados donde se observa que los tramos con mayor carga vehicular durante el periodo vespertino corresponden al circuito norte que bordea la ciudad: Periférico de la Juventud, vialidad Los Nogales y la vialidad Sacramento.



Ilustración 11. Asignación de vehículo privado y carga



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

A continuación, se presenta la evaluación de la relación volumen/capacidad de las vialidades en la zona metropolitana. Esta relación es un indicador fundamental para comprender la eficiencia y el nivel de servicio de las vías de transporte en la región.

La relación volumen/capacidad representa la proporción entre el volumen de tránsito observado en una vía en particular y su capacidad teórica, es decir, la cantidad máxima de vehículos que puede fluir por la vía en condiciones ideales. En el caso del modelo de transporte, la capacidad se encuentra definida para un nivel de servicio C. En la siguiente imagen se aprecia la relación volumen/capacidad en función de dos criterios:

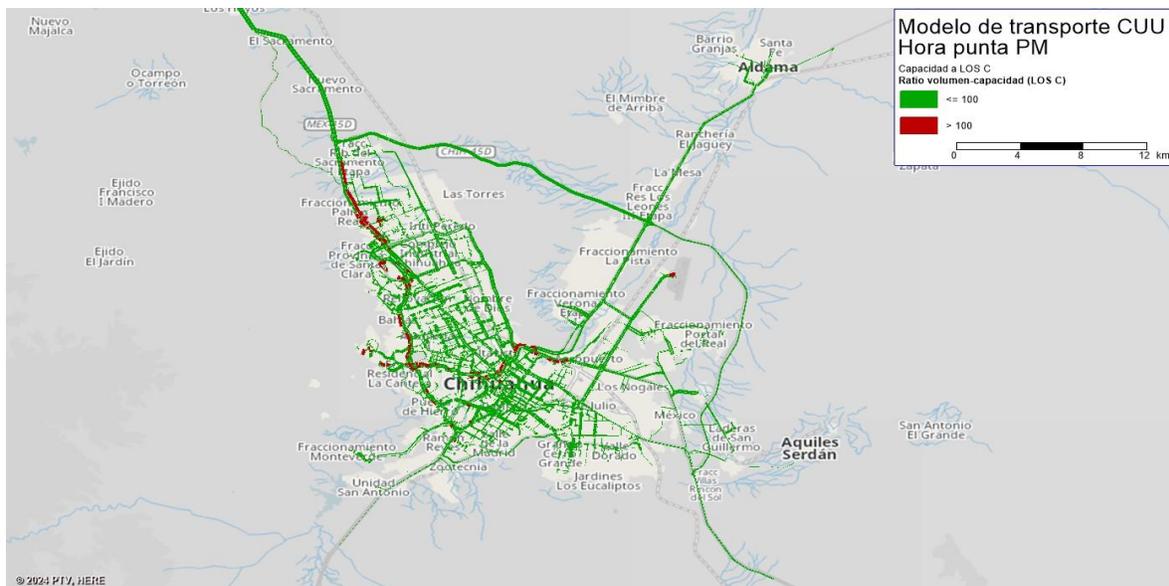
- ≤ 100 : Significa que el volumen vehicular en el periodo de modelación es inferior a la capacidad máxima para un nivel de servicio C, es decir, con demoras mínimas.
- > 100 : Significa que el volumen vehicular en el periodo de modelación es superior a la capacidad máxima para un nivel de servicio C, por lo que se presentan demoras.

En la siguiente imagen se aprecia que predomina una relación volumen/capacidad igual o inferior a 100, por lo que no se presentan demoras excesivas en las vialidades. Sin embargo, es notable que los tramos donde se presentan demoras o congestionamiento son:



- Periférico de la Juventud en sentido sur – norte entre vialidad Los Nogales y Av. Río Danubio.
- Av. De la Cantera entre el Periférico de la Juventud y el Blvd. Antonio Ortiz Mena en sentido oriente – poniente.
- Av. Teófilo Borunda entre Av. De la Cantera y periférico V. Lombardo Toledano en sentido oriente – poniente.

Ilustración 12. Relación volumen/capacidad para situación actual



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

5.4.3 Flujos de pasajeros

El transporte público comprende todos los servicios que operan según un itinerario preestablecido y siguen una ruta fija. Dentro del ámbito de la modelación, se incluyen tanto el transporte público colectivo urbano, así como del sistema masivo Bowi. Al igual que el modelo de asignación de privado se realizó la asignación de pasajeros para cada motivo de viaje.

En hora punta de la tarde se estiman alrededor de 25,000 viajes en transporte público. Los resultados revelan que el corredor asociado a la ruta troncal del sistema BRT, conocido como Bowi, destaca como el de mayor demanda. En este corredor se identificaron tramos específicos con una demanda notable, tales como:



- Av. Tecnológico, entre Av. Homero y vialidad Los Nogales en sentido sur –norte se estima un máximo de 1,187 pasajeros.
- Desde el cruce de Av. Melchor Ocampo y Av. 20 de noviembre hasta el cruce de Av. Tecnológico y Av. Juan Escutia, también en dirección sur–norte.

Además del Bowi, se han registrado otros segmentos viales con un volumen considerable de pasajeros, como la Av. Niños Héroes en el centro de la ciudad, entre la calle 14 y Av. Colón, donde se alcanzaron hasta 1,281 pasajeros por hora por sentido.

Ilustración 13. Asignación de transporte público



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM



6 ESCENARIO TENDENCIAL

Este escenario representa una situación básica o el escenario de "no mover", donde no se realizan intervenciones que impacten en la movilidad de la ZMCH, es decir, no hay modificaciones en la infraestructura vial para ninguno de los modos de transporte ni ajustes en la oferta del transporte público. Se utiliza como punto de referencia base para analizar los cambios en la elección del modo de transporte al implementar políticas y/o nuevas obras de infraestructura.

La Estrategia Nacional de Movilidad y Seguridad Vial (ENAMOV), realizada por la Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU), señala que la ZMCH destaca por tener el mayor porcentaje de población que utiliza el vehículo privado como su principal modo de transporte, alcanzando un 51.1%, valor que se sitúa considerablemente por encima de la media nacional de 29.3%. Lo anterior impacta en el porcentaje de la población que utiliza otros modos de transporte para realizar los viajes a sus destinos.

A continuación, se presenta la evolución de la tasa de motorización en la ZMCH en caso de no implementar medidas que frenen las tendencias actuales.

6.1 Población

Se llevó a cabo una exploración y análisis de los datos históricos para identificar las tendencias del crecimiento poblacional en cada municipio permitiendo estimar la población de los municipios entre los años 2021 y 2040.

Para el municipio de Chihuahua, se empleó la tasa de crecimiento poblacional para proyectar la población conforme al escenario delineado en el PDU 2040, séptima actualización. En cuanto a Aldama, se utilizó un modelo de regresión lineal sobre los datos históricos para asegurar la consistencia y capturar las tendencias del crecimiento poblacional, lo que facilitó la proyección de la población entre los años 2021 y 2040.

Por otro lado, el municipio de Aquiles Serdán mostró un crecimiento exponencial, por lo que se implementó un modelo logarítmico y regresión lineal para transformar el patrón exponencial en uno lineal, esto permitió adecuar y ajustar los datos del crecimiento exponencial presentado por el municipio.



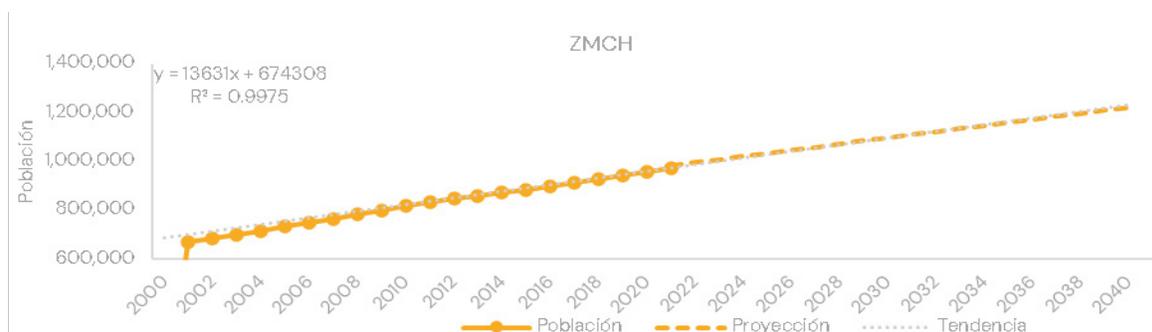
Tabla 11. Crecimiento tendencial de la población

Municipio	Población (pob)					TCMA 2020 – 2040 (%)
	2020	2024	2030	2035	2040	
Aldama	22,568	24,276	26,839	28,975	31,111	1.62%
Aquiles Serdán	23,009	33,132	48,363	61,056	73,749	6.00%
Chihuahua	925,762	964,022	1,021,412	1,069,237	1,117,062	0.94%
ZMCH	971,339	1,021,430	1,096,614	1,159,268	1,221,922	1.15%

Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (INEGI, 2000 – 2020) y del Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Chihuahua (IMPLAN, 2023)

Ilustración 14. Crecimiento tendencial de la población 2000 – 2040





Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (INEGI, 2000 – 2020) y del Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Chihuahua (IMPLAN, 2023)

Los datos presentados muestran el crecimiento estimado de población para los municipios de Aldama, Aquiles Serdán, Chihuahua y la ZMCH en los años 2020, 2024, 2030, 2035 y 2040.

- La población total de la ZMCH experimentará un crecimiento constante durante el periodo 2020–2040. Se espera que aumente de 971,339 habitantes en 2020 a 1,221,922 habitantes en 2040, lo que representa un aumento del 25.80%.
- La población del municipio de Chihuahua crecerá a un ritmo moderado, con un aumento del 20.66% entre 2020 y 2040.
- El municipio de Aldama tendrá un crecimiento poblacional de 2020 a 2040 de 37.85%, un crecimiento que supera al municipio de Chihuahua.
- Aquiles Serdán: Este municipio experimentará el mayor crecimiento poblacional, con un aumento del 220.52% en el periodo 2020–2040.
- La TCMA del municipio de Chihuahua es de 0.94%, mientras que la de la ZMCH es de 1.15%. Esto indica que la población de la ZMCH crecerá a un ritmo mayor que la del municipio de Chihuahua.
- Mayor crecimiento poblacional: municipio de Aquiles Serdán (220.52%).
- Mayor TCMA 2020–2040: municipio de Aquiles Serdán (6.00%).

6.2 Motorización

6.2.1 Parque vehicular

Se recopilaron datos históricos del parque vehicular de Aldama, Aquiles Serdán y Chihuahua del 2002 al 2022, utilizando la estadística de Vehículos de Motor Registrados en Circulación del



INEGI. Posteriormente, realizó un análisis de los datos para observar las tendencias del parque vehicular en cada municipio y la zona metropolitana con el fin de elaborar un modelo de regresión lineal con base en los datos históricos de los municipios de Aldama y Chihuahua para proyectar la cantidad de vehículos entre 2023 y 2040.

Para el municipio de Aquiles Serdán se proyectó el parque vehicular a través de la tasa de motorización en relación con el crecimiento poblacional del municipio, ya que los resultados del modelo de regresión lineal indicaban un crecimiento poco consistente del parque vehicular respecto a Aldama y Chihuahua.

Se prevé un aumento en el parque vehicular de la zona metropolitana de 601,408 (2020) a 1,006,544 (2040), lo cual representa un crecimiento del 67.36% en torno a un aumento anual promedio del 2.61%, valor por encima del promedio de crecimiento poblacional del 1.15% anual en toda la ZMCH en el mismo periodo.

A nivel municipal, Aldama muestra un crecimiento gradual en su parque vehicular, pasando de 12,797 vehículos en 2020 a 22,264 en 2040, con una tasa de crecimiento medio anual del 2.81%. Destaca especialmente el aumento previsto en el municipio de Aquiles Serdán, donde se espera que el parque vehicular pase de 7,004 a 29,419 vehículos durante el mismo periodo. Esto representa un crecimiento del 320.02%, con una TCMA del 7.44%.

La TCMA más baja se presentará en Chihuahua con el 2.81%, no obstante, es importante resaltar que este municipio cuenta con el mayor volumen de parque vehicular en toda la ZMCH, representando el 94.87% a 2040.

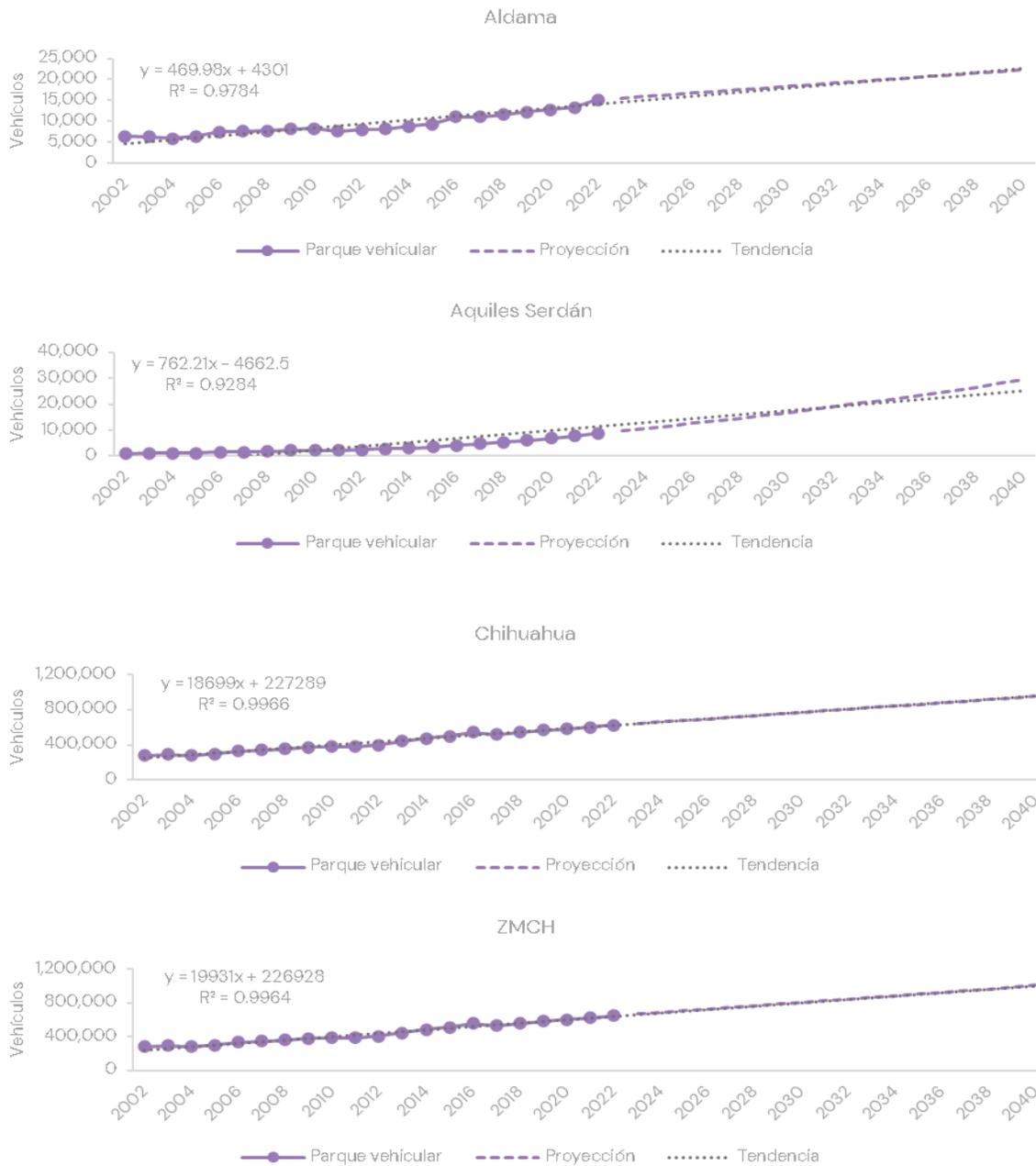
Tabla 12. Crecimiento tendencial del parque vehicular

Municipio	Parque vehicular (veh)					TCMA 2020 – 2040 (%)
	2020	2024	2030	2035	2040	
Aldama	12,797	15,934	18,308	20,286	22,264	2.81%
Aquiles Serdán	7,004	10,646	16,853	22,764	29,419	7.44%
Chihuahua	581,607	661,144	771,288	863,074	954,861	2.51%
ZMCH	601,408	687,724	806,448	906,124	1,006,544	2.61%

Fuente: Elaboración propia con información de la estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020)



Ilustración 15. Crecimiento tendencial del parque vehicular



Fuente: Elaboración propia con información de la estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020)



6.2.2 Tasa de motorización

Una vez estimados los crecimientos poblacionales y del parque vehicular, se realizó el cálculo para las tasas de motorización a los diferentes horizontes de planeación. En el caso de los municipios de Aldama y Chihuahua, que mostraron patrones consistentes de crecimiento del parque vehicular y de la población, se utilizó la fórmula mencionada en el apartado de metodología para estimar la tasa de motorización de estos municipios.

Sin embargo, para el municipio de Aquiles Serdán, se identificó una disminución en la tasa de crecimiento de la motorización al utilizar la misma metodología, ya que la tasa media de crecimiento poblacional entre 2002 y 2040 era mayor que la tasa media de crecimiento del parque vehicular para el mismo periodo en este municipio. Esta situación contrastaba con lo observado en Aldama y Chihuahua, donde las tasas de crecimiento del parque vehicular eran mayores que las del crecimiento poblacional.

Para reflejar el aumento esperado en la tasa de motorización en Aquiles Serdán, se aplicó como factor de crecimiento la tasa media de crecimiento anual de la tasa de motorización de Aldama y Chihuahua. Esta estrategia permitió ajustar la estimación de la tasa de motorización para reflejar mejor las tendencias observadas en los municipios de referencia.

En el año base, 2024, los valores de la tasa de motorización son 656.38 para Aldama, 321.32 para Aquiles Serdán, 685.82 para Chihuahua, y 673.30 para la Zona Metropolitana en su totalidad. Estos valores representan el punto de partida para la proyección futura.

Al avanzar en el tiempo, se observa un aumento en la tasa de motorización para todos los municipios y la zona metropolitana en general. En 2040, los valores previstos son 715.62 para Aldama, 398.91 para Aquiles Serdán, 854.80 para Chihuahua, y 823.74 para la zona metropolitana. Esto indica un crecimiento en la proporción de vehículos en relación con la población en cada área.

La TCMA proporciona información sobre la velocidad a la que cambia la tasa de motorización en cada municipio y en la zona metropolitana en general. En este paso se aprecia la tasa de motorización desde 2020 a 2040 y se observa que todas las áreas experimentan un crecimiento positivo, con tasas que van desde 1.17% hasta 1.55%. Chihuahua presenta la TCMA más alta, seguido de la Zona Metropolitana, Aquiles Serdán y Aldama.

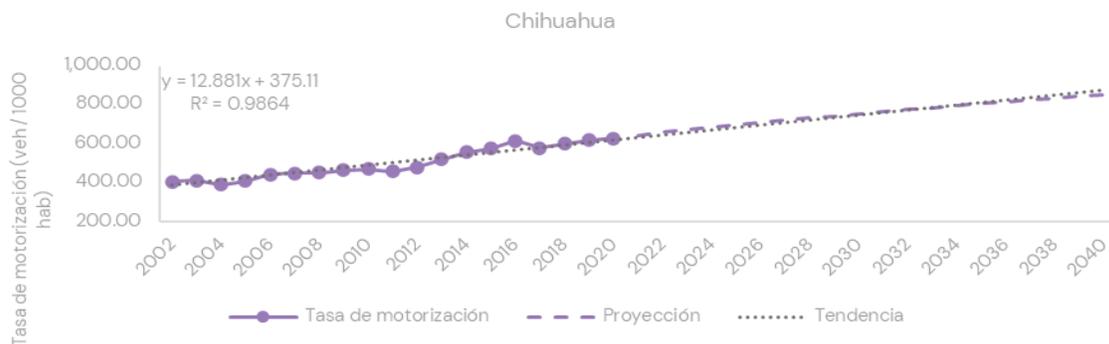
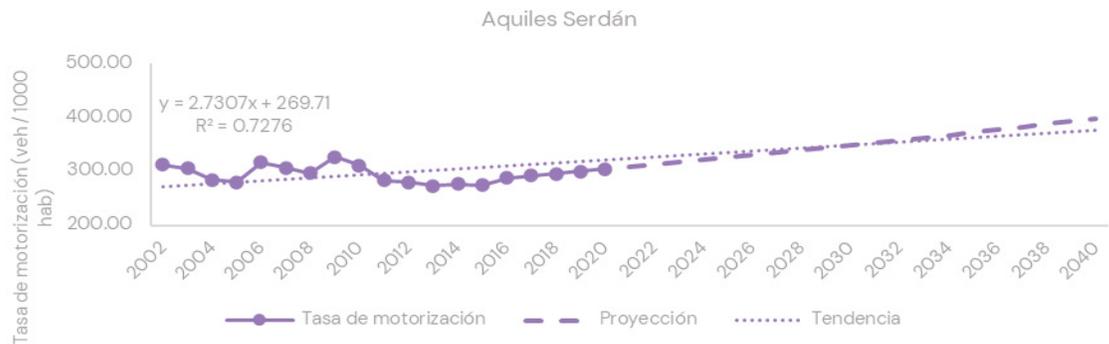
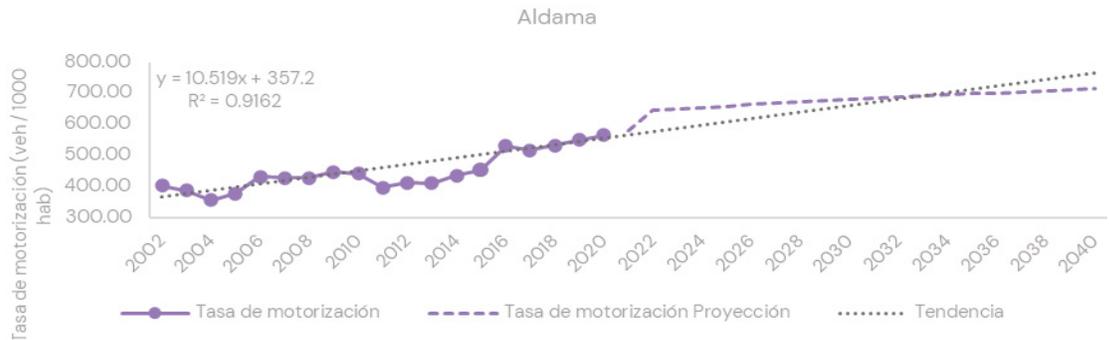


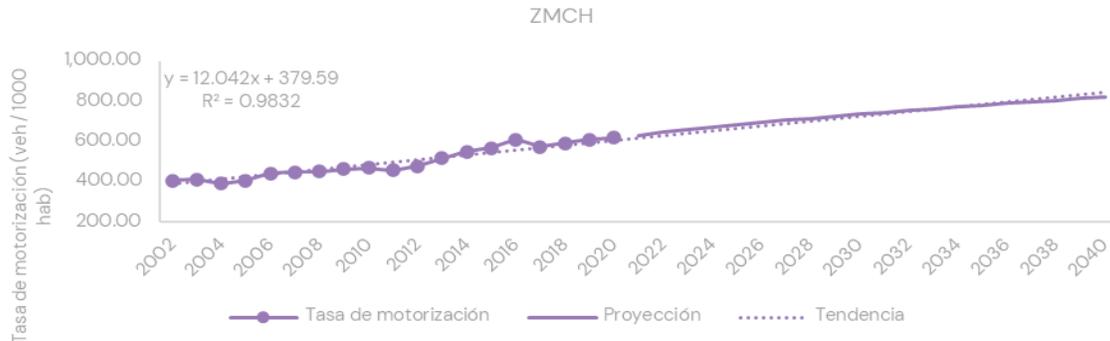
Tabla 13. Tasa de motorización tendencial 2024 - 2040

Municipio	Vehículos @1,000 habitantes					TCMA 2020-2040 (%)
	2020	2024	2030	2035	2040	
Aldama	567.04	656.38	682.13	700.11	715.62	1.17%
Aquiles Serdán	304.41	321.32	348.47	372.83	398.91	1.36%
Chihuahua	628.25	685.82	755.12	807.19	854.80	1.55%
Zona Metropolitana	619.15	673.30	735.40	781.63	823.74	1.44%

Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (2000 - 2020), estadística de VMRC (INEGI, 2002 - 2020) y del PDU 2040 (IMPLAN, 2023)

Ilustración 16. Tasa de motorización tendencial por municipio 2002 - 2040





Fuente: Elaboración propia con información de la estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020)

6.3 Porcentajes de población por modo de transporte y motivo de viaje

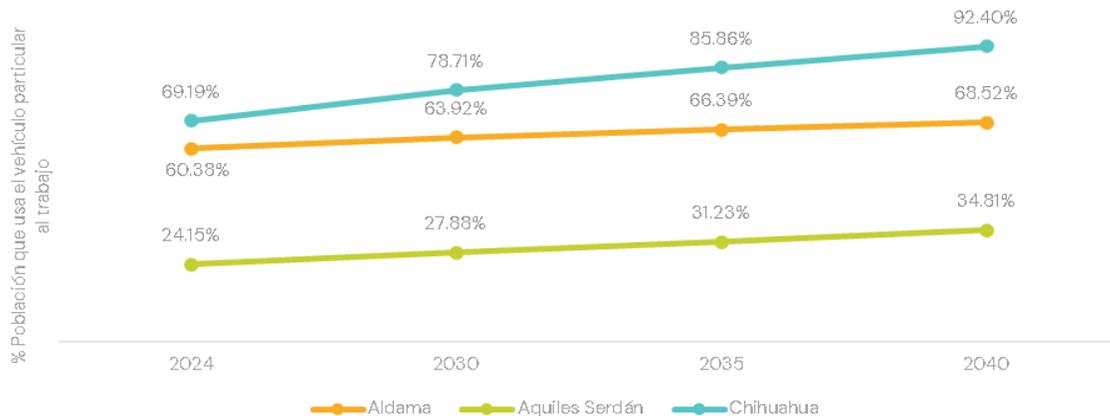
6.3.1 En vehículo privado al trabajo

Las proyecciones indican un aumento progresivo en el porcentaje de población que utiliza el vehículo privado para desplazarse al trabajo en todos los municipios analizados.

Para el año 2040, se prevén porcentajes del 68.52% en Aldama, 34.81% en Aquiles Serdán y 92.40% en Chihuahua. Estos datos reflejan un incremento significativo en la dependencia del vehículo privado para los desplazamientos laborales en cada área.

Se observa una diferencia considerable entre los municipios, siendo Chihuahua el municipio con el mayor porcentaje proyectado para el año 2040 (92.40%), seguido de Aldama y Aquiles Serdán. Esto sugiere variaciones en la infraestructura vial, las opciones de transporte público y los patrones de desarrollo urbano entre los municipios.

Ilustración 17. Tendencia del porcentaje de población que usará el vehículo privado para ir al trabajo



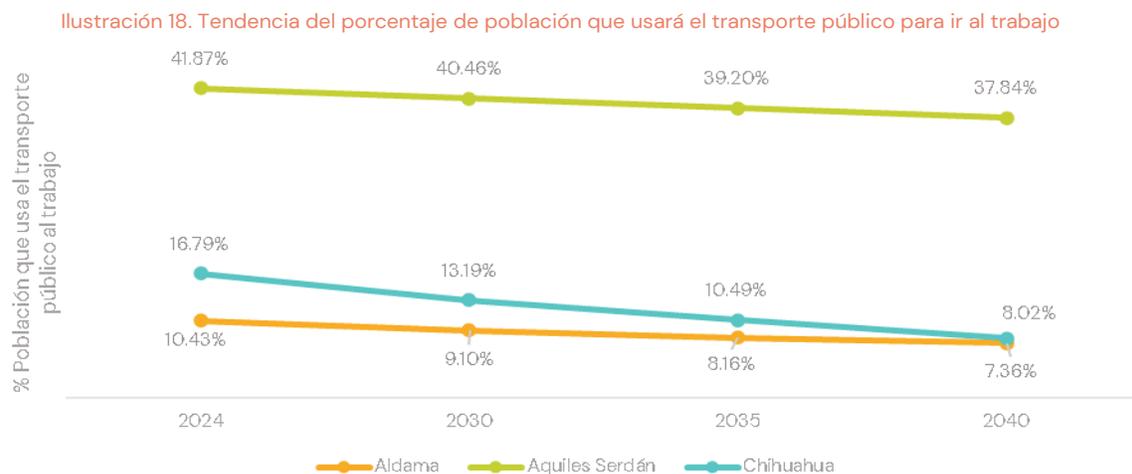
Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (2000 – 2020), estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020) y del PDU 2040 (IMPLAN, 2023)



6.3.2 En transporte público al trabajo

Al avanzar en el tiempo, se observa una disminución gradual en el porcentaje de población que utiliza el transporte público para ir al trabajo en todos los municipios. Para el año 2040, se prevén porcentajes del 7.36% en Aldama, 37.84% en Aquiles Serdán y 8.02% en Chihuahua. Estos datos reflejan una tendencia a la baja en la dependencia del transporte público para los desplazamientos laborales en cada área.

Se destaca una diferencia significativa entre los municipios en cuanto al porcentaje de población que utiliza el transporte público para ir al trabajo, siendo Aquiles Serdán el municipio con el mayor porcentaje proyectado para el año 2040 (37.84%), seguido de Chihuahua y Aldama.



Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (2000 – 2020), estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020) y del PDU 2040 (IMPLAN, 2023)

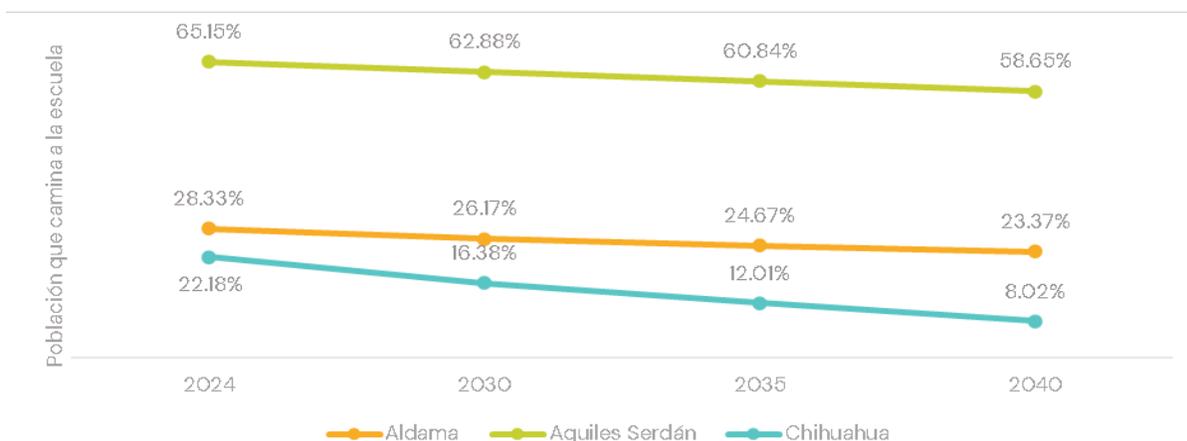
6.3.3 Caminar a la escuela

Al avanzar en el tiempo, se observa una disminución gradual en el porcentaje de población que caminará a la escuela en todos los municipios. Para el año 2040, se prevén porcentajes del 23.37% en Aldama, 58.65% en Aquiles Serdán y 8.02% en Chihuahua. Estos datos reflejan una tendencia a la baja en la proporción de personas que eligen caminar como medio de transporte para ir a la escuela en cada municipio.

Se destaca una diferencia entre los municipios en cuanto al porcentaje de población que caminará a la escuela, siendo Aquiles Serdán el municipio con el mayor porcentaje proyectado para el año 2040 (58.65%), seguido de Aldama y Chihuahua.



Ilustración 19. Tendencia del porcentaje de población que caminará a la escuela



Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (2000 – 2020), estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020) y del PDU 2040 (IMPLAN, 2023)

6.4 Modelo de demanda

6.4.1 Tendencial a 2030

6.4.1.1 Distribución de viajes

A 2030 se espera un incremento promedio del 4% en los tiempos de viaje por trabajo y estudio, resultado del aumento de la congestión en las vialidades de la ciudad. Se aprecia un incremento mayor en la movilidad obligada al tener destinos ya establecidos, centros de trabajo y estudio, lo que dificulta el buscar una alternativa más cercana. En cambio, los viajes por otros motivos y no basados en el hogar tienen mayor flexibilidad en la elección del destino lo que se traduce en un cambio de patrones a fin de evitar un aumento en los tiempos de viaje.

Tabla 14. Variación de tiempos de viaje por segmento a 2030 en el escenario tendencial

Segmento		Tiempos de viaje (min)		Incremento (%)
		2024	2030	
Con vehículo	Trabajo	24	25	4%
Sin vehículo	Trabajo	42	43	2%
Con vehículo	Escuela	20	21	5%
Sin vehículo	Escuela	38	40	5%
Con vehículo	Otro	17	17	0%
Sin vehículo	Otro	41	39	-5%
NHB		18	21	16%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM



6.4.1.2 Reparto modal

A 2030, se prevé un aumento del 3% en los viajes totales del vehículo privado en la Zona Metropolitana de Chihuahua. El aumento deriva del mayor al acceso al vehículo privado de los hogares lo que ocasiona un cambio en las preferencias del usuario, dando prioridad al automóvil sobre el transporte público. El transporte especial se espera se mantenga similar a la situación actual.

Tabla 15. Reparto modal a 2030 en escenario tendencial.

Modo	2024	2030
Vehículo privado	81%	84%
Transporte público	14%	11%
Laboral/Escolar	5%	5%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM

6.4.1.3 Flujos vehiculares

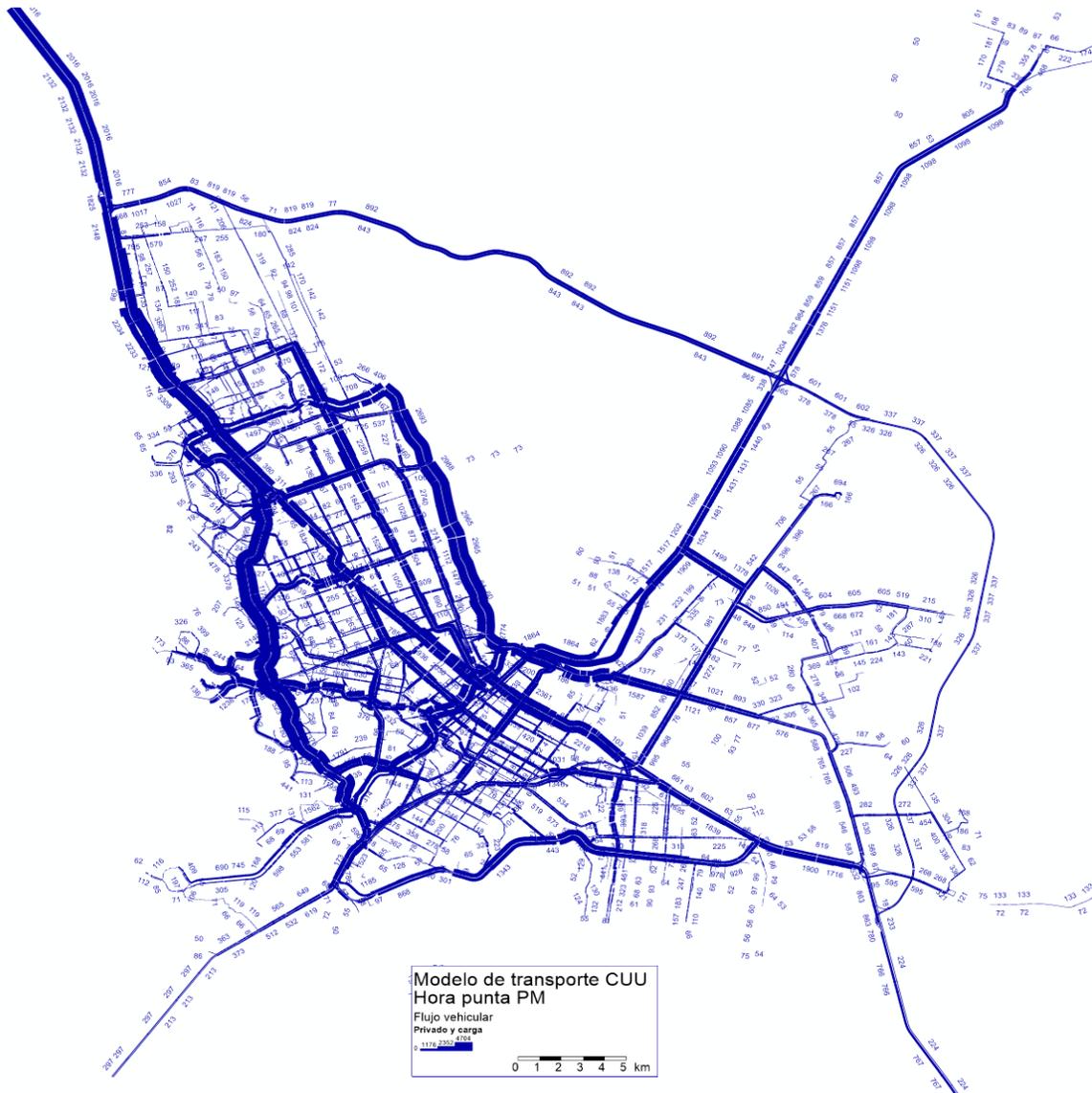
El crecimiento natural de la población sumado al aumento de la motorización en la ciudad da como resultado un aumento de los flujos vehiculares sobre las principales vialidades. Las vialidades de mayor crecimiento son:

- Vialidad Sacramento.
- Periférico V. Lombardo Toledano.
- Periférico de la Juventud.
- Avenida Tecnológico.
- Avenida de las Industrias.
- Vialidad los Nogales.
- Carretera Chihuahua–Aldama.
- Periférico Francisco R. Almada.
- Blvd. Antonio Ortiz Mena.
- Av. de la Cantera – Misión del Bosque.



En términos de vehículos se identifica que el máximo aumento es de 700 vehículos en la hora punta de la tarde y se presenta sobre la Av. Misión del Bosque. Los nuevos flujos vehiculares a 2030 se distribuyen como se ilustra a continuación.

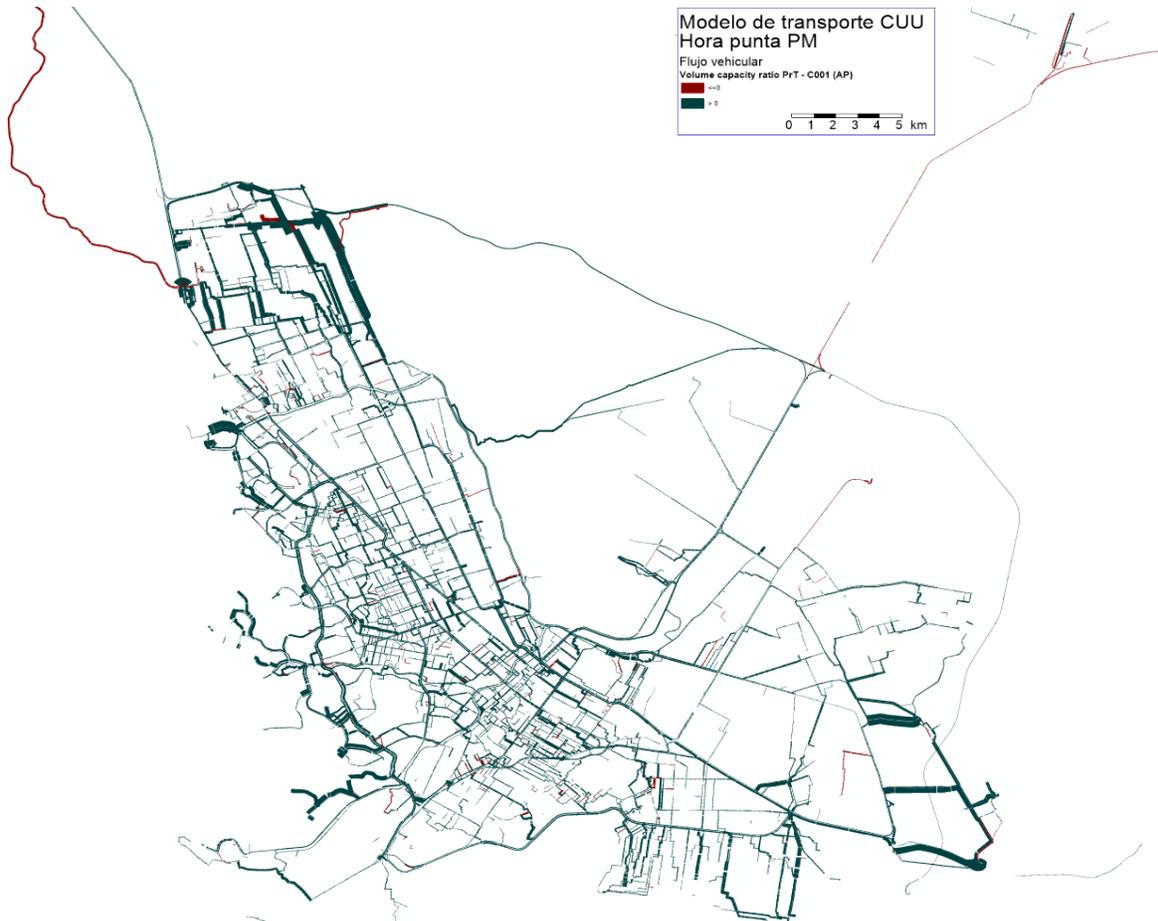
Ilustración 20. Flujos vehiculares en escenario tendencial 2030



Fuente: Elaboración propia obtenido de VISUM



Ilustración 21. Diferencia en la saturación de la vía 2030 vs 2024 en el escenario tendencial

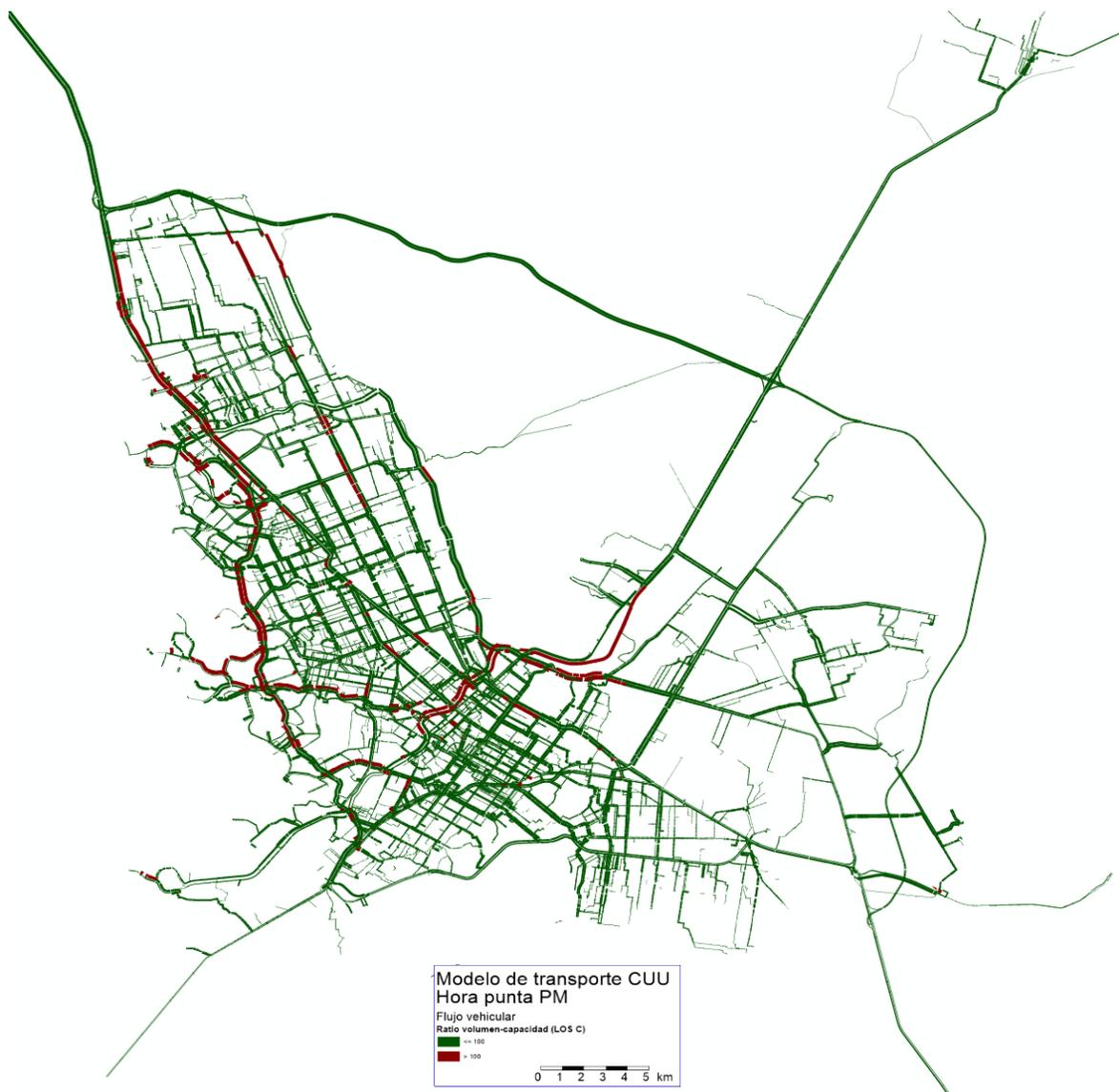


Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

El crecimiento de los flujos vehiculares se traduce en una mayor saturación de la vía al incrementar la relación volumen capacidad de éstas. Sin embargo, la capacidad de la mayoría de las vías a 2030 aún resultan adecuadas para mantener un nivel de servicio C como se muestra en la Ilustración 21.



Ilustración 22. Relación volumen/capacidad (LOS C) en escenario tendencial 2030



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

Las vialidades con un nivel mayor a C, es decir, que presentarán demoras significativas asociadas a los tramos de vía son el Periférico de la Juventud, Blvd. Ortiz Mena, Av. de la Cantera y la entrada desde la Carretera Panamericana.



6.4.1.4 Flujos de pasajeros

Si bien, el reparto modal del transporte público pierde participación contra el privado, debido al crecimiento natural de la población se tiene un ligero incremento de pasajeros. A diferencia del vehículo privado, el crecimiento se concentra a lo largo del corredor BRT y las rutas complementarias hacia el norte y sur.

Ilustración 23. Variación de pasajeros 2030 vs 2024 en el escenario tendencial



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM



Ilustración 24. Flujo de pasajeros de transporte público en escenario tendencial 2030



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

6.4.2 Tendencial a 2035

6.4.2.1 Distribución de viajes

A 2035 los tiempos de recorrido se mantienen con respecto a 2030 excepto en viajes de trabajo de hogares con vehículo, segmento que presenta los destinos menos flexibles y depende del automóvil, el cual se ve afectado por la creciente congestión.

Tabla 16. Variación de tiempos de viaje por segmento a 2035 en el escenario tendencial

Segmento		Tiempos de viaje (min)			Variación 2030-2035
		2024	2030	2035	
Con vehículo	Trabajo	24	25	26	4%



Segmento		Tiempos de viaje (min)			Variación 2030-2035
		2024	2030	2035	
Sin vehículo	Trabajo	42	43	43	0%
Con vehículo	Escuela	20	21	21	0%
Sin vehículo	Escuela	38	40	40	0%
Con vehículo	Otro	17	17	17	0%
Sin vehículo	Otro	41	39	39	0%
NHB		18	21	21	0%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM

6.4.2.2 Reparto modal

El reparto modal a 2035 no presenta variaciones respecto al 2030, se mantiene el 84% de los viajes en transporte privado, 11% en transporte público y el restante en transporte especial.

Tabla 17. Reparto modal en escenario tendencial 2035

Modo	2024	2030	2035
Vehículo	81%	84%	84%
Transporte público	14%	11%	11%
Laboral/Escolar	5%	5%	5%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM

6.4.2.3 Flujos vehiculares

Los flujos vehiculares a 2035 presentan un crecimiento natural asociado al aumento de población y motorización en la ciudad. Se observa que el crecimiento desde Aldama y Aquiles Serdán es mínimo.

El crecimiento experimentado pone más estrés sobre las principales vialidades como:

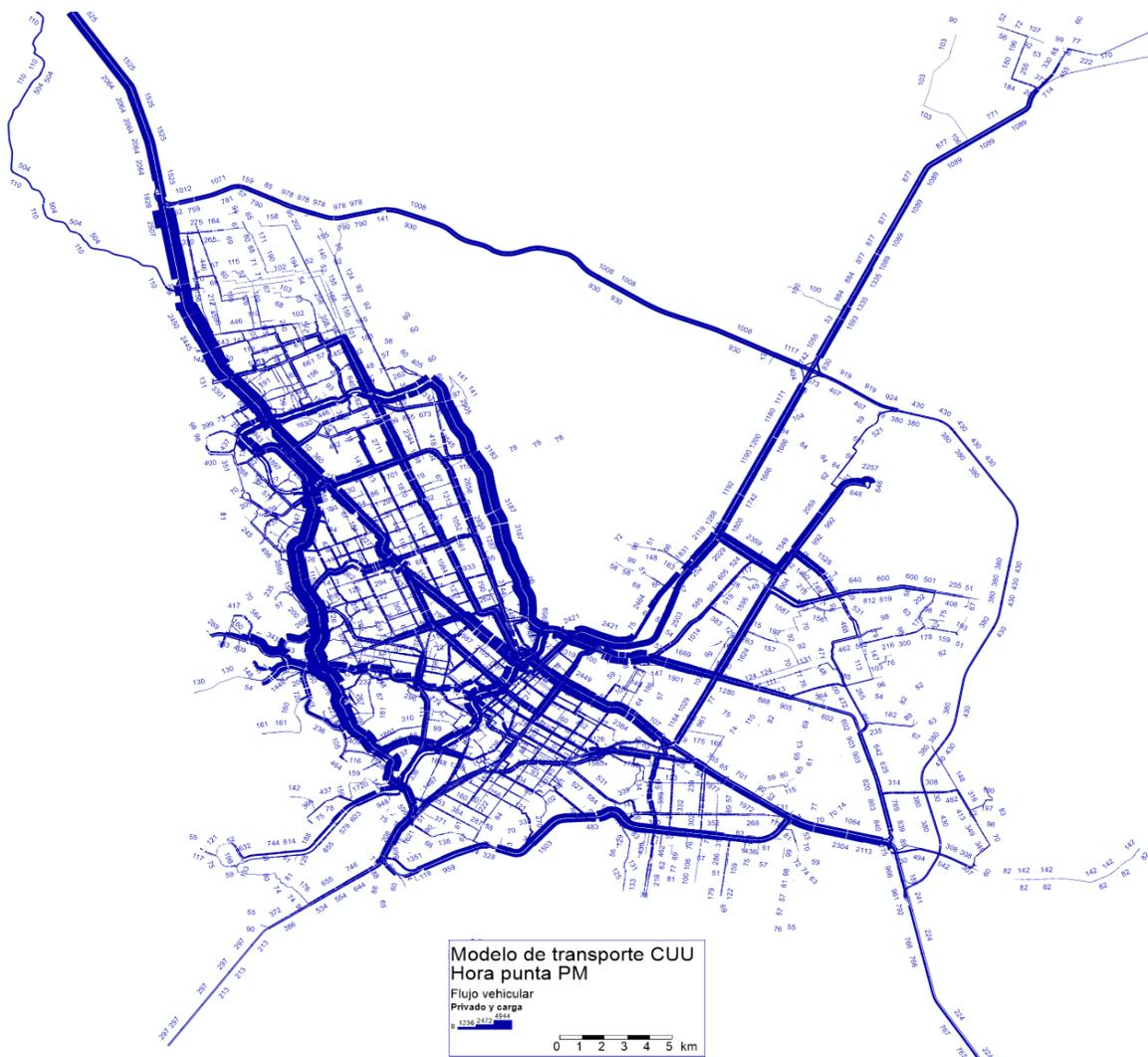
- Periférico de la Juventud.
- Av. De la Cantera.
- Av. Teófilo Borunda.
- Av. V. Lombardo Toledano.

La distribución del flujo vehicular a 2035 se ilustra a continuación. Se observa un incremento del flujo vehicular sobre el periférico de la Juventud, que corresponde a la vialidad con el mayor volumen de tránsito durante la hora de máxima demanda vespertina. Las vías antes mencionadas



empiezan a operar en condiciones por debajo del nivel de servicio C, lo que se traduce en el aumento de las demoras y tiempos de viaje (Ilustración 26).

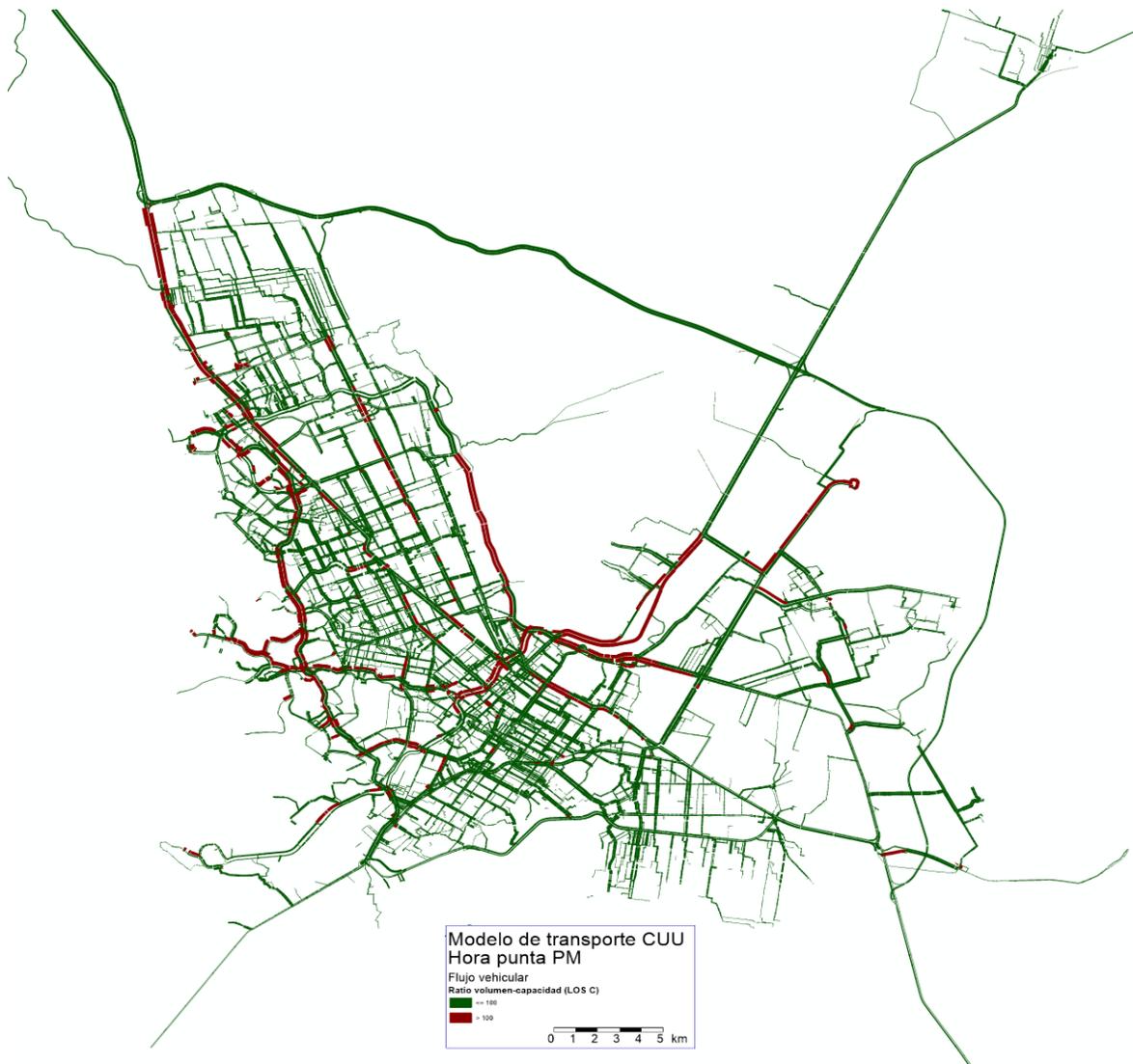
Ilustración 25. Flujos vehiculares en escenario tendencial 2035



Fuente: Elaboración propia obtenido de VISUM



Ilustración 26. Nivel de servicio en la red vial 2035 en el escenario tendencial



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

6.4.2.4 Flujos de pasajeros

Los flujos de pasajeros presentan un aumento sobre el corredor del BRT y la complementaria al norte. Por otra parte, al suroriente se observa una disminución de usuarios del transporte público.

Los flujos de pasajeros resultantes a 2035 en escenario tendencial mantienen al BRT como el principal corredor de transporte público. El mayor flujo de demanda de pasajeros se encuentra en la av. Vallarta con alrededor de 1,500 pasajeros/h/sentido. Los resultados se ilustran en el siguiente mapa.



Ilustración 27. Flujo de pasajeros en escenario tendencial 2035



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

6.4.3 Tendencial a 2040

6.4.3.1 Distribución de viajes

A 2040 se presenta otro incremento de tiempos de recorridos en viajes que emplean el vehículo privado. El deterioro de los tiempos de viaje se liga al aumento de la congestión de las vías. Por otra parte, los segmentos que tienden a usar más el transporte público presentan una reducción



de tiempos lo que sumado a la disminución del uso de este modo, indicaría que se vuelve poco atractivo para viajes de medio y largo recorrido.

Tabla 18. Variación de tiempos de viaje por segmento a 2035 en el escenario tendencial

Segmento		Tiempos de viaje (min)				Variación 2035-2040
		2024	2030	2035	2040	
Con vehículo	Trabajo	23	25	26	28	8%
Sin vehículo	Trabajo	42	43	43	40	-7%
Con vehículo	Escuela	20	21	21	22	5%
Sin vehículo	Escuela	38	40	40	41	2%
Con vehículo	Otro	17	17	17	17	0%
Sin vehículo	Otro	41	39	39	38	-3%
NHB		18	21	21	21	-

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM

6.4.3.2 Reparto modal

A 2040 se observa un incremento del 1% de la participación del vehículo privado en el reparto modal y la respectiva disminución de la misma magnitud en el uso del transporte público. El transporte especial se mantiene con el mismo reparto modal.

Tabla 19. Reparto modal en escenario tendencial 2040

Modo	2024	2030	2035	2040
Vehículo privado	81%	84%	84%	85%
Transporte público	14%	11%	11%	10%
Laboral/Escolar	5%	5%	5%	5%

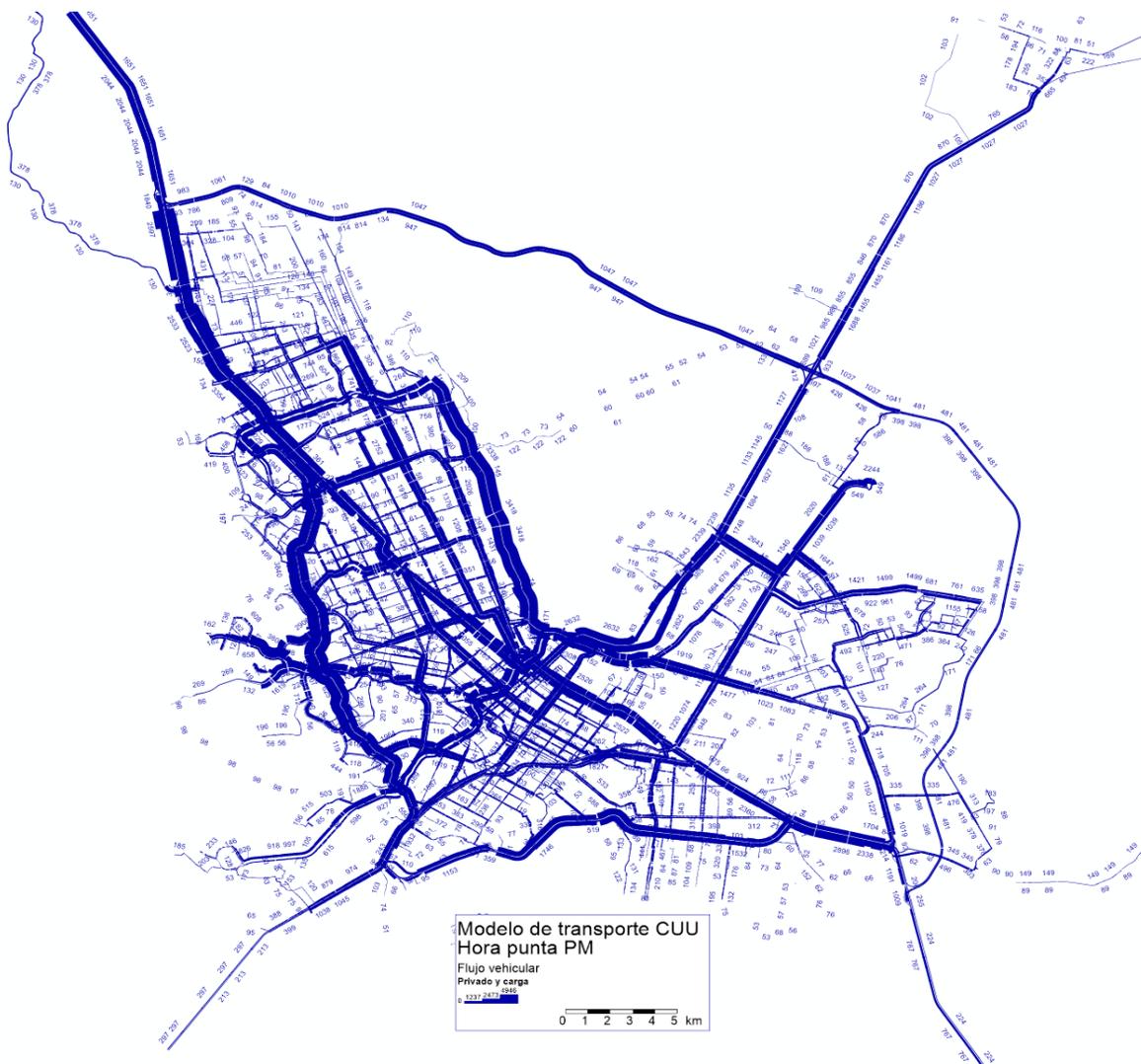
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM

6.4.3.3 Flujos vehiculares

Los flujos vehiculares a 2040 presentan un crecimiento natural en las zonas consolidadas de la ciudad y un mayor incremento en el oriente, zona donde se prevé un mayor crecimiento poblacional y desarrollo de industria. La variación de los flujos vehiculares anteriores se traduce en la redistribución de los viajes en vehículo privado sobre la red vial como se ilustra en el siguiente mapa.



Ilustración 28. Flujos vehiculares en escenario tendencial 2040



Fuente: Elaboración propia obtenido de VISUM

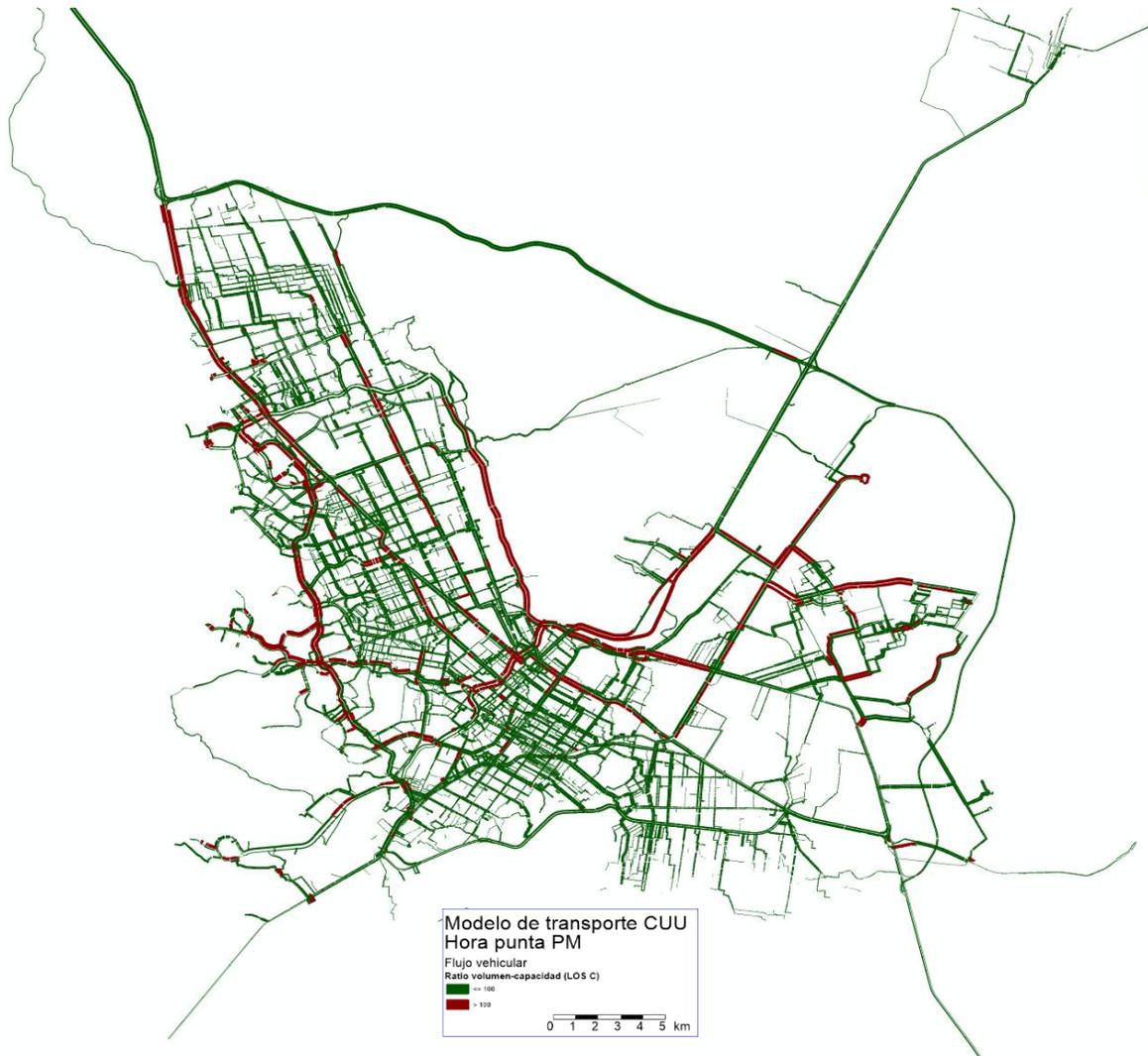
A 2040 la saturación de la vía se extiende a lo largo de las principales vialidades como:

- Periférico de la Juventud.
- Av. Teófilo Borunda.
- Av. V. Lombardo Toledano.
- Carretera Panamericana en su tramo norte.



En este escenario las vialidades anteriores operan a un nivel de servicio inferior a C en casi la totalidad de su longitud.

Ilustración 29. Nivel de servicio de la red vial en el escenario tendencial 2040



Fuente: Elaboración propia obtenido de VISUM

6.4.3.4 Flujo de pasajeros

Los flujos de pasajeros a 2040 presentan un crecimiento ya no asociado al crecimiento natural de la población sino al desarrollo de nuevos centros de población al oriente y sur de la ciudad.



En la zona norte y centro se observa un ligero decremento de pasajeros, lo que se esperaría al volver a disminuir su participación dentro del reparto modal.

La distribución de los flujos de pasajeros muestra un estancamiento respecto a 2035, lo que indicaría que, de seguir la tendencia la demanda del transporte público no existiría un crecimiento natural asociado al aumento de población.

Ilustración 30. Flujos de pasajeros en escenario tendencial 2040



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM



7 ESCENARIO POSIBLE

Con el objetivo de diseñar un escenario plausible para la ZMCH, se pretende contrarrestar el incremento de la tasa de motorización que resulta en el aumento de la participación de los viajes en vehículo privado, la disminución en el uso del transporte público y la reducción de la caminata.

Debido a este escenario proyectado, se busca disminuir la proporción indicada en el supuesto tendencial considerando que para el 2040, el 20% de las personas accederán caminando a su trabajo y el 15% en bicicleta (PDU 2040). Es importante destacar que, en zonas metropolitanas de tamaño similar, como Mérida, Cuernavaca, Morelia y Cancún, en promedio, el 28.9% de la población utiliza vehículos particulares como principal modo de transporte (SEDATU, 2023).

7.1 Población

El crecimiento poblacional utilizado en todos los escenarios corresponde al mismo presentado en el escenario tendencial ya que este no se considera un elemento variable para el análisis de escenarios. Para fines informativos, se presenta la tabla con la información poblacional utilizada.

Tabla 20. Crecimiento tendencial de la población

Municipio	Población (pob)					TCMA 2020 – 2040 (%)
	2020	2024	2030	2035	2040	
Aldama	22,568	24,276	26,839	28,975	31,111	1.62%
Aquiles Serdán	23,009	33,132	48,363	61,056	73,749	6.00%
Chihuahua	925,762	964,022	1,021,412	1,069,237	1,117,062	0.94%
ZMCH	971,339	1,021,430	1,096,614	1,159,268	1,221,922	1.15%

Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (INEGI, 2000 – 2020) y del Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Chihuahua (IMPLAN, 2023)

7.2 Motorización

7.2.1 Parque vehicular

En el escenario posible se proyecta un aumento en el parque vehicular de la zona metropolitana de 687,724 (2024) a 933,012 (2040), lo cual representa un crecimiento del 36.57% respecto a la situación actual en torno a un aumento anual promedio del 1.92%, es decir, un crecimiento controlado respecto al crecimiento tendencial.

A nivel municipal, Aldama muestra un crecimiento gradual en su parque vehicular, pasando de 15,934 vehículos en 2024 a 21,526 en 2040, con una tasa de crecimiento medio anual del 1.90%.



Destaca especialmente el aumento previsto en el municipio de Aquiles Serdán, donde se espera que el parque vehicular pase de 10,646 a 27,130 vehículos durante el mismo periodo. Esto representa un crecimiento del 154.84%, con una TCMA del 6.02%. La TCMA más baja se presentará en Chihuahua con el 1.80%.

Tabla 21. Crecimiento posible del parque vehicular

Municipio	Parque vehicular (veh)				TCMA 2024 – 2040 (%)
	2024	2030	2035	2040	
Aldama	15,934	18,114	19,801	21,526	1.90%
Aquiles Serdán	10,646	16,541	21,657	27,130	6.02%
Chihuahua	661,144	751,897	813,948	879,357	1.80%
ZMCH	687,724	787,774	858,578	933,012	1.92%

Fuente: Elaboración propia con información de la estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020)

7.2.2 Tasa de motorización

Tras realizar diferentes pruebas de la tasa de motorización para obtener mayores valores de población que utiliza el transporte público para el trabajo o elevar la caminata, se determinó que una meta similar a los porcentajes de las ciudades indicadas requeriría reducir la cantidad de vehículos en circulación con el fin de revertir la tasa de motorización. Por tanto, se consideró que un escenario donde decreciera el parque vehicular y, por tanto, la tasa de motorización no sería una alternativa posible debido a la fuerte inercia del crecimiento del parque vehicular.

De esta manera, para la estimación del objetivo del escenario posible, se plantea reducir en 40% la variación entre el incremento proyectado en el escenario tendencial y la línea base, lo cual resulta en una tasa objetivo de 763.56 vehículos/1,000 habitantes al año 2040 contra los 823.74 vehículos/1,000 habitantes del escenario tendencial en el año 2040.

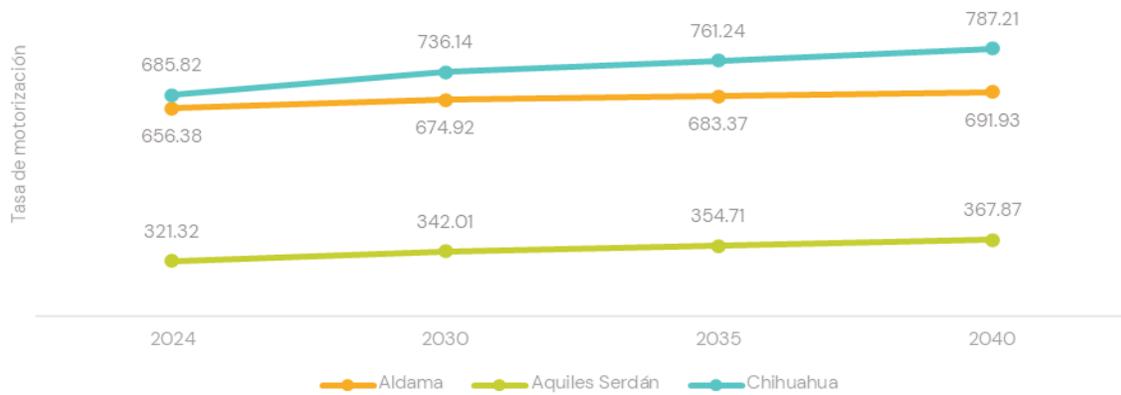
En el año base, 2024, se registran las siguientes tasas de motorización: 656.38 para Aldama, 321.32 para Aquiles Serdán y 685.82 para Chihuahua. Estos valores representan el punto de partida para las proyecciones futuras.

Al comparar con los escenarios proyectados para 2040, se observa un aumento en todas las tasas de motorización. Para Aldama, la tasa proyectada es de 715.62 en el escenario tendencial y de 691.93 en el escenario posible. Para Aquiles Serdán, se proyectan tasas de 398.91 y 367.87 respectivamente, mientras que, para Chihuahua, las tasas proyectadas son de 854.80 y 787.21.



La diferencia entre los escenarios tendencial y posible proporciona información sobre las posibles variaciones en las tasas de motorización. Para los tres municipios, la diferencia es negativa, lo que indica una menor tasa proyectada en el escenario posible en comparación con el tendencial. Esto sugiere que, en el escenario posible, se prevé un crecimiento moderado o incluso una disminución en la tasa de motorización en comparación con el escenario tendencial.

Ilustración 31. Tasa de motorización del escenario posible



Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (2000 – 2020), estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020) y del PDU 2040 (IMPLAN, 2023)

Ilustración 32. Comparativo de tasas de motorización del escenario posible con el escenario tendencial



Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (2000 – 2020), estadística de VMRC (INEGI, 2022 – 2020) y del PDU 2040 (IMPLAN, 2023)



7.3 Porcentajes de población por modo de transporte y motivo de viaje

Al implementar estrategias y acciones destinadas a mitigar el crecimiento del parque vehicular en la ZMCH, se anticipa que el incremento en el uso del vehículo privado para desplazarse al trabajo será menor en comparación con el escenario tendencial para el año 2040.

Tabla 22. Comparativo de porcentajes de población por modo y motivo de los escenarios tendencial y posible

Población que camina a la escuela (%)				
Municipio	Línea base 2024	Horizonte 2040		
		Tendencial	Posible	Diferencia
Aldama	28.33%	23.37%	25.35%	1.99%
Aquiles Serdán	65.15%	58.65%	61.25%	2.60%
Chihuahua	22.18%	8.02%	13.69%	5.66%
Población que usa el transporte público para ir al trabajo (%)				
Municipio	Línea base 2024	Horizonte 2040		
		Tendencial	Posible	Diferencia
Aldama	10.43%	7.36%	8.59%	1.23%
Aquiles Serdán	41.87%	37.84%	39.46%	1.61%
Chihuahua	16.79%	8.02%	11.53%	3.51%

Población que usa vehículo privado para ir al trabajo (%)				
Municipio	Línea base 2024	Horizonte 2040		
		Tendencial	Posible	Diferencia
Aldama	60.38%	68.52%	65.27%	-3.26%
Aquiles Serdán	24.15%	34.81%	30.55%	-4.26%
Chihuahua	69.19%	92.40%	83.12%	-9.28%

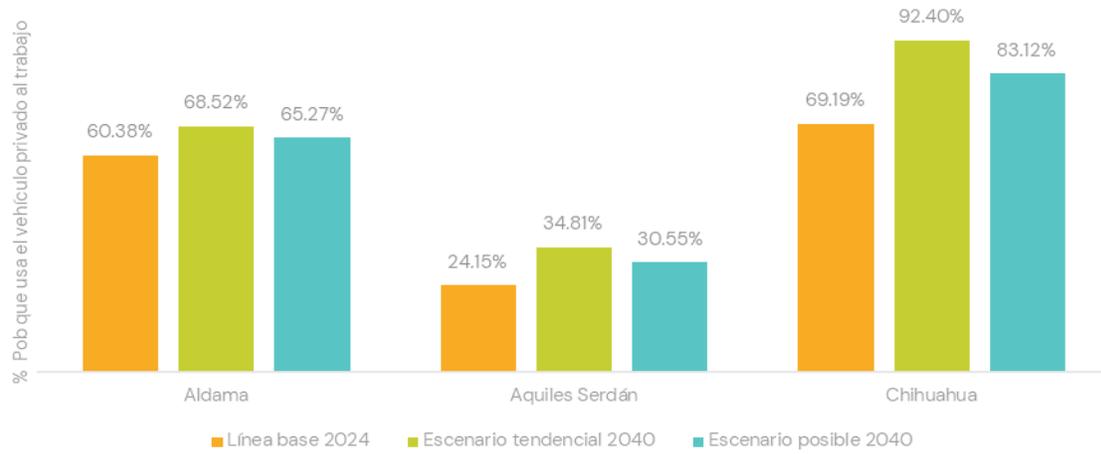
Fuente: Elaboración propia a partir de proyecciones de datos del cuestionario ampliado del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020)

7.3.1 En vehículo privado al trabajo

En cuanto al porcentaje de población que utiliza vehículo privado para ir al trabajo, la línea base de 2024 revela que el 60.38% en Aldama, el 24.15% en Aquiles Serdán y el 69.19% en Chihuahua recurren a este modo de transporte.

Las proyecciones para 2040 indican un aumento en todos los municipios en ambos escenarios, aunque con variaciones en la magnitud de dicho incremento. Por ejemplo, en Chihuahua, el porcentaje aumenta a 92.40% en el escenario tendencial y a 83.12% en el posible, mostrando una diferencia de -9.28 puntos porcentuales entre ambos escenarios.

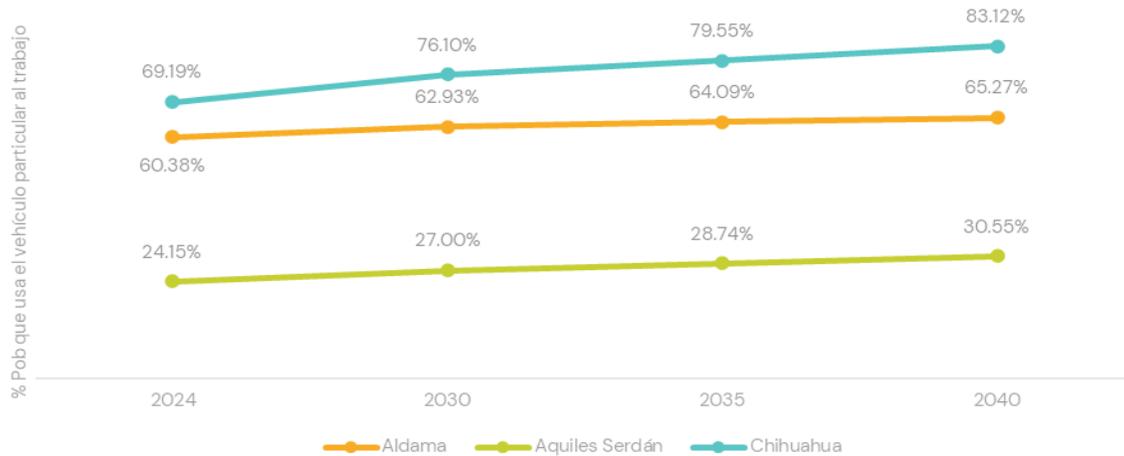
Ilustración 33. Escenario posible en vehículo privado al trabajo



Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (2000 – 2020), estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020) y del PDU 2040 (IMPLAN, 2023)



Ilustración 34. Escenario posible del porcentaje de población que usará el vehículo privado para ir al trabajo

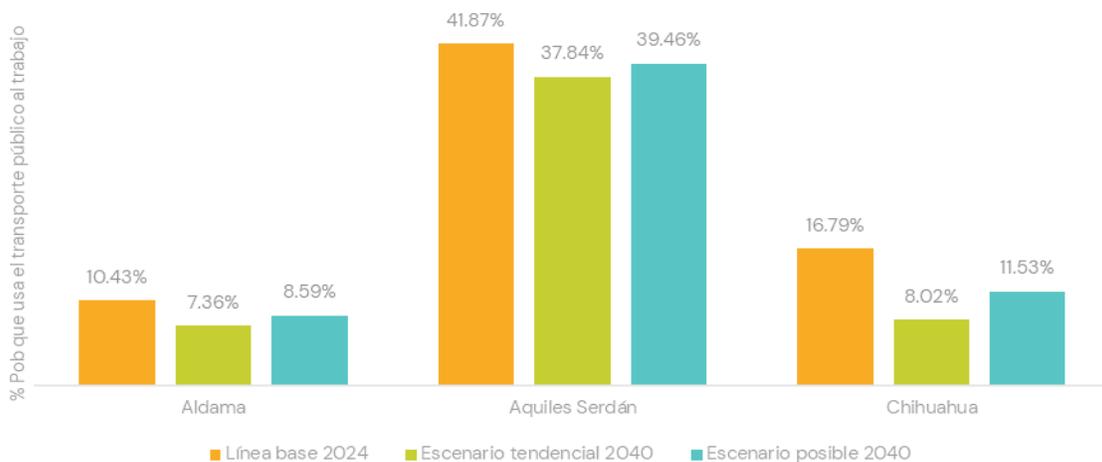


Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (2000 – 2020), estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020) y del PDU 2040 (IMPLAN, 2023)

7.3.2 En transporte público al trabajo

Para el porcentaje de población que utiliza el transporte público para ir al trabajo, la línea base de 2024 registra el 10.43% en Aldama, el 41.87% en Aquiles Serdán y el 16.79% en Chihuahua. Las proyecciones para 2040 muestran una disminución en todos los municipios en ambos escenarios. Por ejemplo, en Aquiles Serdán, el porcentaje se reduce a 37.84% en el escenario tendencial y a 39.46% en el posible, con una diferencia de 1.61 puntos porcentuales entre ambos.

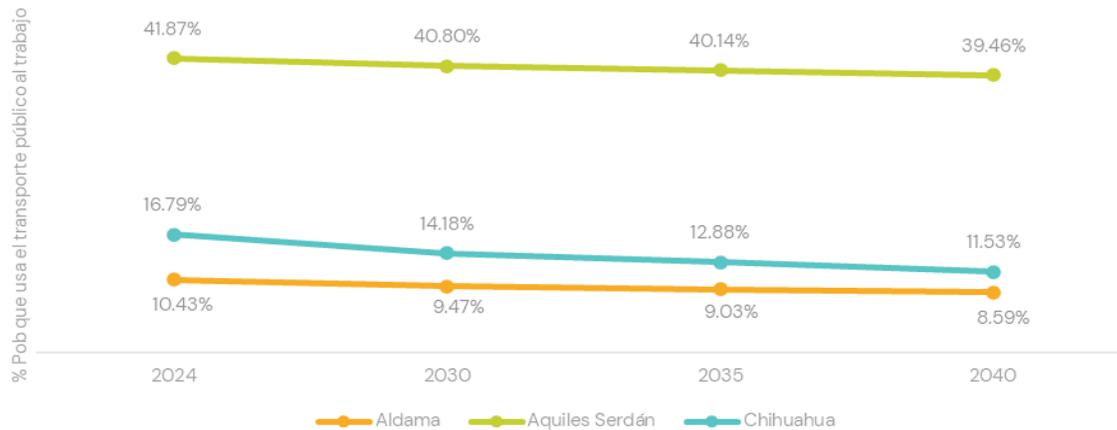
Ilustración 35. Escenario posible en transporte público al trabajo



Fuente: Elaboración propia con datos de los Censos de Población y Vivienda (2000 – 2020), estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020) y del PDU 2040 (IMPLAN, 2023)



Ilustración 36. Escenario posible del porcentaje de población que usará el transporte público para ir al trabajo

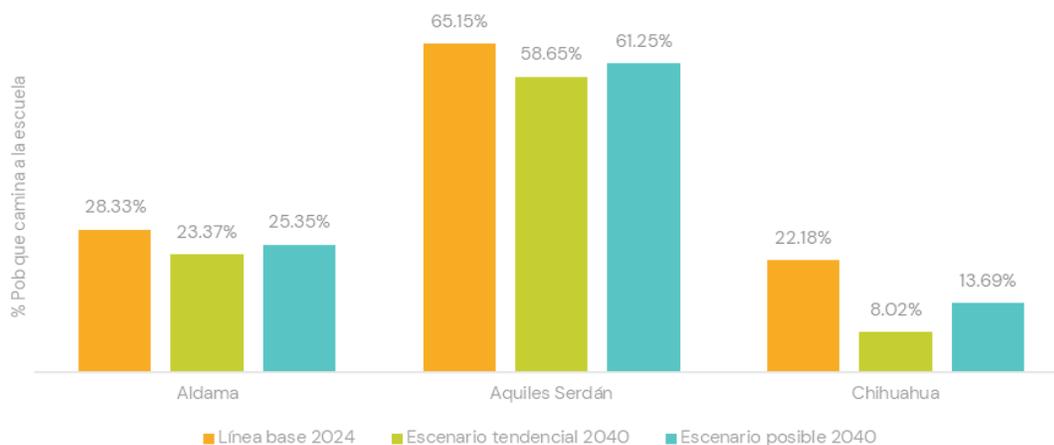


Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (2000 – 2020), estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020) y del PDU 2040 (IMPLAN, 2023)

7.3.3 Caminar a la escuela

En cuanto al porcentaje de población que camina a la escuela, en 2024, la línea base muestra que el 28.33% en Aldama, el 65.15% en Aquiles Serdán y el 22.18% en Chihuahua utilizan este modo de transporte. Sin embargo, las proyecciones para 2040 revelan una disminución en todos los municipios tanto en el escenario tendencial como en el posible. Por ejemplo, en Aldama, el porcentaje se reduce a 23.37% en el escenario tendencial y a 25.35% en el posible, mostrando una diferencia de 1.99 puntos porcentuales entre ambos.

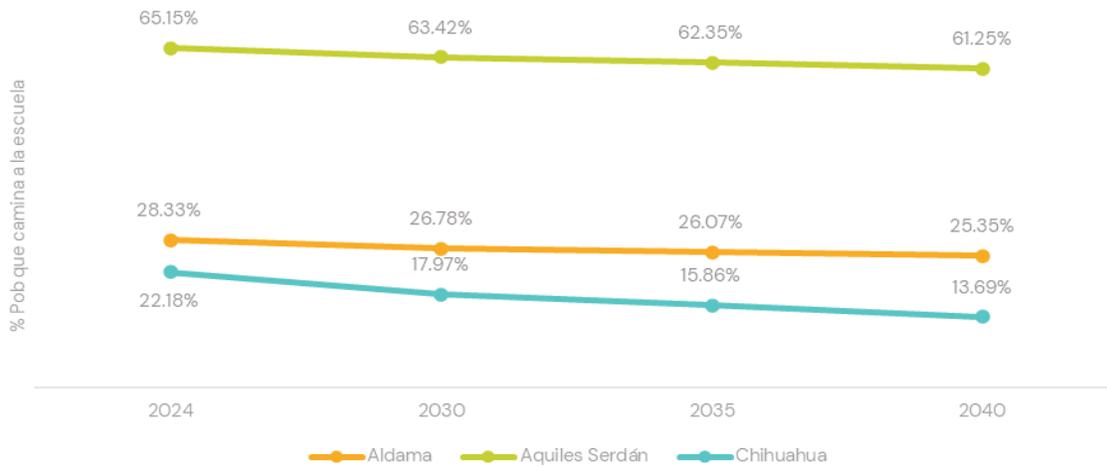
Ilustración 37. Escenario posible que camina a la escuela



Fuente: Elaboración propia con datos de los Censos de Población y Vivienda (2000 – 2020), estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020) y del PDU 2040 (IMPLAN, 2023)



Ilustración 38. Escenario posible del porcentaje de población que caminará a la escuela



Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (2000 – 2020), estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020) y del PDU 2040 (IMPLAN, 2023)

7.4 Modelo de demanda

Para el desarrollo de los escenarios se toma en cuenta la tasa de motorización, así como los proyectos y modificaciones planteadas dentro del programa que puedan afectar a la capacidad.

Tabla 23. Lista de actuaciones concretas que tienen incidencia en el modelo de transporte

Subprograma	Línea de acción	Actuación concreta
Peatonal	PE-1. Aumentar la disponibilidad de la infraestructura peatonal.	PE-1.3. Transformar las calles de gran afluencia peatonal en calles peatonales.
Ciclista	CI-3. Ampliar y mejorar la red de infraestructura ciclista.	CI-3.3. Construir una red de infraestructura ciclista.
Transporte público	TP-1. Continuar la reestructuración del SIT TP-2. Modernizar la infraestructura y tecnología.	TP-1.1. Reestructurar el sistema a partir de la implementación de la ruta troncal TRO-BRT-02 y las rutas pretroncales PRE-CO5-03 y PRE-CO4-RO1.
		TP-1.2. Consolidar el SIT a mediano y largo plazo. TP-2.7. Promover la integración tarifaria y modos de pago.
Transporte motorizado	MO-1. Mejorar la eficiencia de la red vial.	MO-1.1. Evaluar la viabilidad de las estructuras viales propuestas en el PDU 2040.
		MO-1.3. Implementar pares viales. MO-1.7. Construir nuevos distribuidores viales.
	MO-3. Aumentar la seguridad vial a través de medidas de pacificación del tránsito.	MO-3.2. Establecer zonas de tránsito calmado.

Fuente: Elaboración propia



7.4.1 Posible a 2030

7.4.1.1 Distribución de viajes

A 2030 se espera un incremento promedio del 8% en los tiempos de viaje por trabajo y estudio, resultado del aumento de la congestión en las vialidades de la ciudad sumado al crecimiento expansivo que se tiene previsto de la mancha urbana. Se aprecia un incremento mayor en la movilidad obligada al tener destinos ya establecidos, centros de trabajo y estudio, lo que dificulta el buscar una alternativa más cercana. El incremento de tiempos de recorrido resulta mayor en usuarios sin acceso al vehículo privado.

Tabla 24. Variación de tiempos de viaje por segmento a 2030 en el escenario posible

Segmento		Tiempos de viaje (min)		Incremento (%)
		2024	2030	
Con vehículo	Trabajo	24	25	4%
Sin vehículo	Trabajo	42	46	10%
Con vehículo	Escuela	20	21	5%
Sin vehículo	Escuela	38	43	13%
Con vehículo	Otro	17	17	0%
Sin vehículo	Otro	41	43	5%
NHB		18	22	22%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM

7.4.1.2 Reparto modal

A 2030, se prevé un incremento del 3% de los usuarios de transporte público en la Zona Metropolitana de Chihuahua. El incremento deriva de la propuesta de reestructuración de la red de transporte público y de los ahorros generados por la propuesta de integración tarifaria.

Tabla 25. Reparto modal a 2030 en escenario posible.

Modo	2024	2030
Vehículo privado	81%	78%
Transporte público	14%	17%
Laboral/Escolar	5%	5%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM

7.4.1.3 Flujos vehiculares

El crecimiento natural de la población sumado al aumento de la motorización en la ciudad resulta en un aumento de los flujos vehiculares sobre las principales vialidades. Las vialidades de mayor crecimiento son:

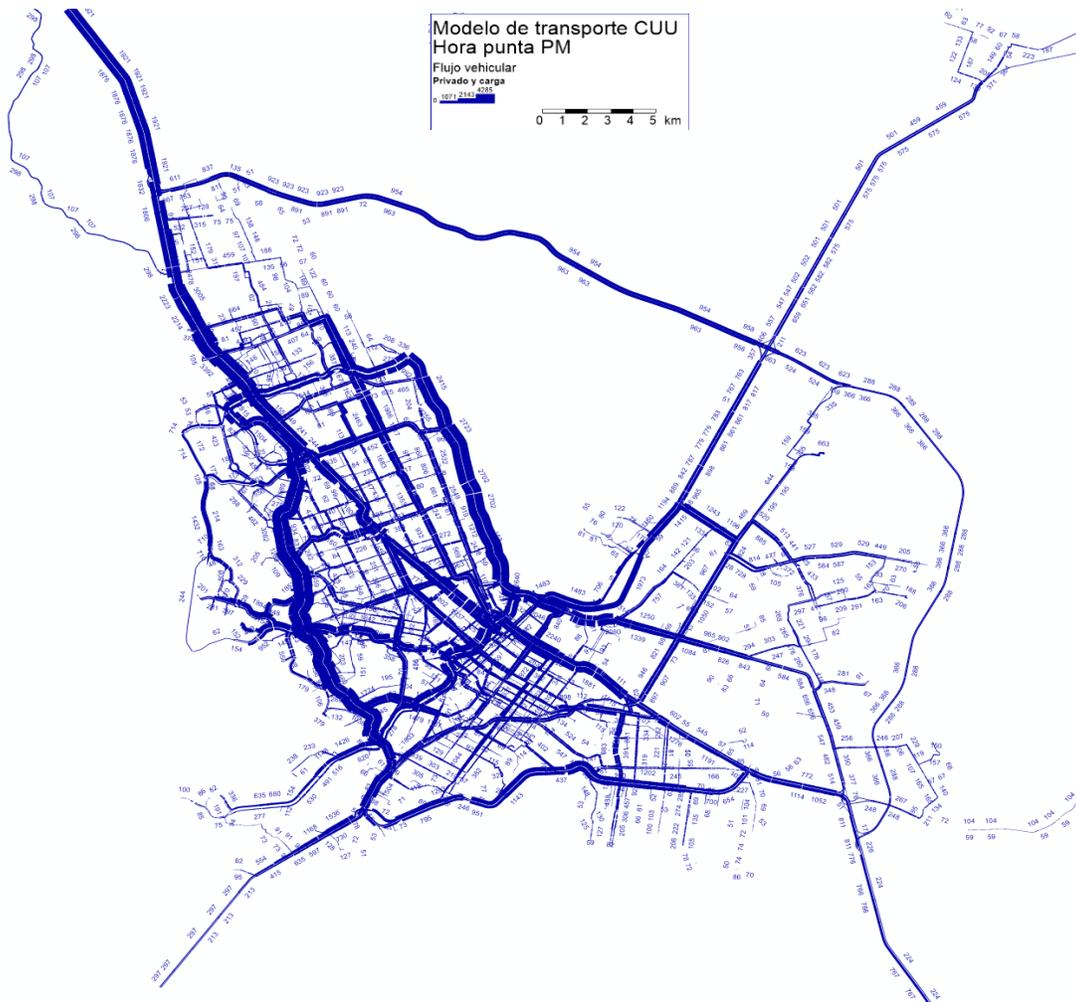


- Blvd. Luis H. Álvarez.
- Par vial Samaniego–J. J. Calvo
- Vialidad Sacramento.
- Periférico de la Juventud.
- Avenida Tecnológico.
- Avenida de las Industrias.
- Vialidad los Nogales.
- Periférico Francisco R. Almada.

En su primera etapa, el Blvd. Luis H. Álvarez alcanza un volumen vehicular de alrededor de 1,400 vehículos en la hora punta de la tarde. Por otra parte, se prevé una ligera reducción de viajes en vehículo privado sobre la carretera Chihuahua–Ojinaga debido a la introducción de la ruta de transporte público que conecta a Aldama.



Ilustración 39. Flujos vehiculares en escenario posible 2030

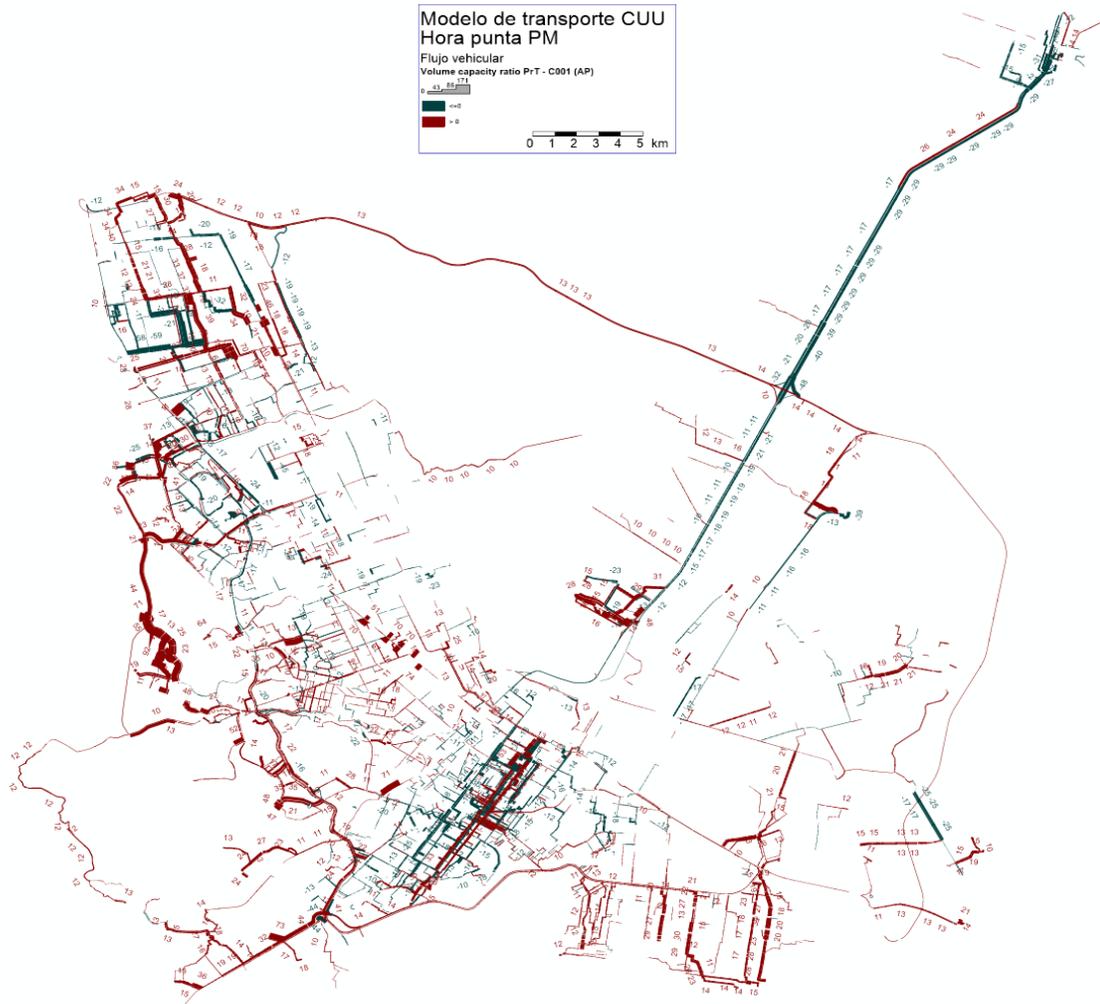


Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

El crecimiento de los flujos vehiculares se traduce en una mayor saturación de las vías al incrementar la relación volumen/capacidad de éstas. Sin embargo, la capacidad de la mayoría de las vías a 2030 aún resultan adecuadas para mantener un nivel de servicio C como se muestra en la Ilustración 41.



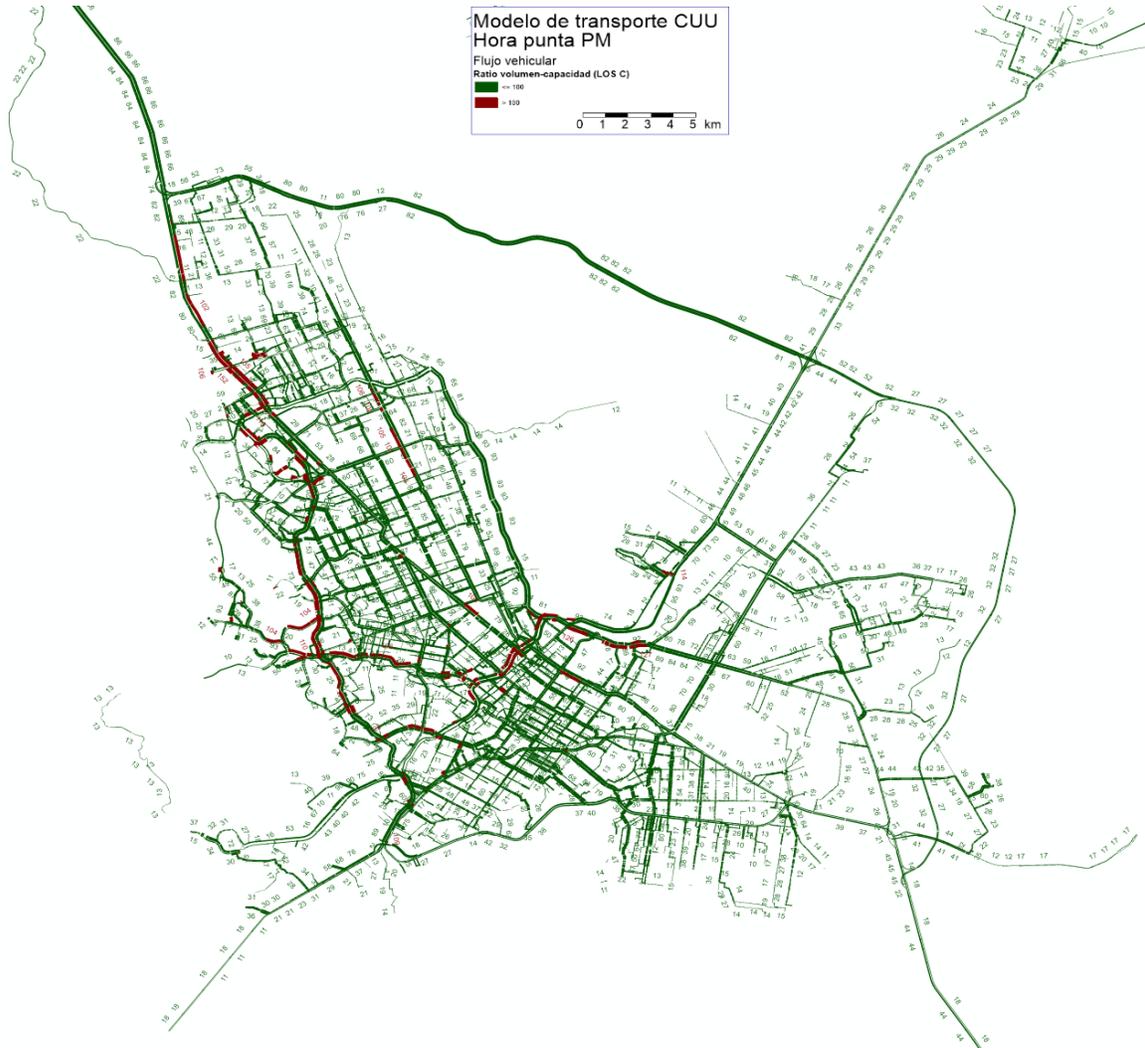
Ilustración 40. Diferencia en la saturación de la vía 2030 vs 2024 en el escenario posible



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM



Ilustración 41. Relación volumen/capacidad (LOS C) en escenario posible 2030



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

Las vialidades con un nivel mayor a C, es decir, que presentarán demoras significativas asociadas a los tramos de vía son el Periférico de la Juventud, Blvd. Ortiz Mena, Vialidad Sacramento, Av. Teófilo Borunda, Av. de la Cantero, carretera Chihuahua-Ojinaga y la entrada norte desde la Carretera Panamericana.

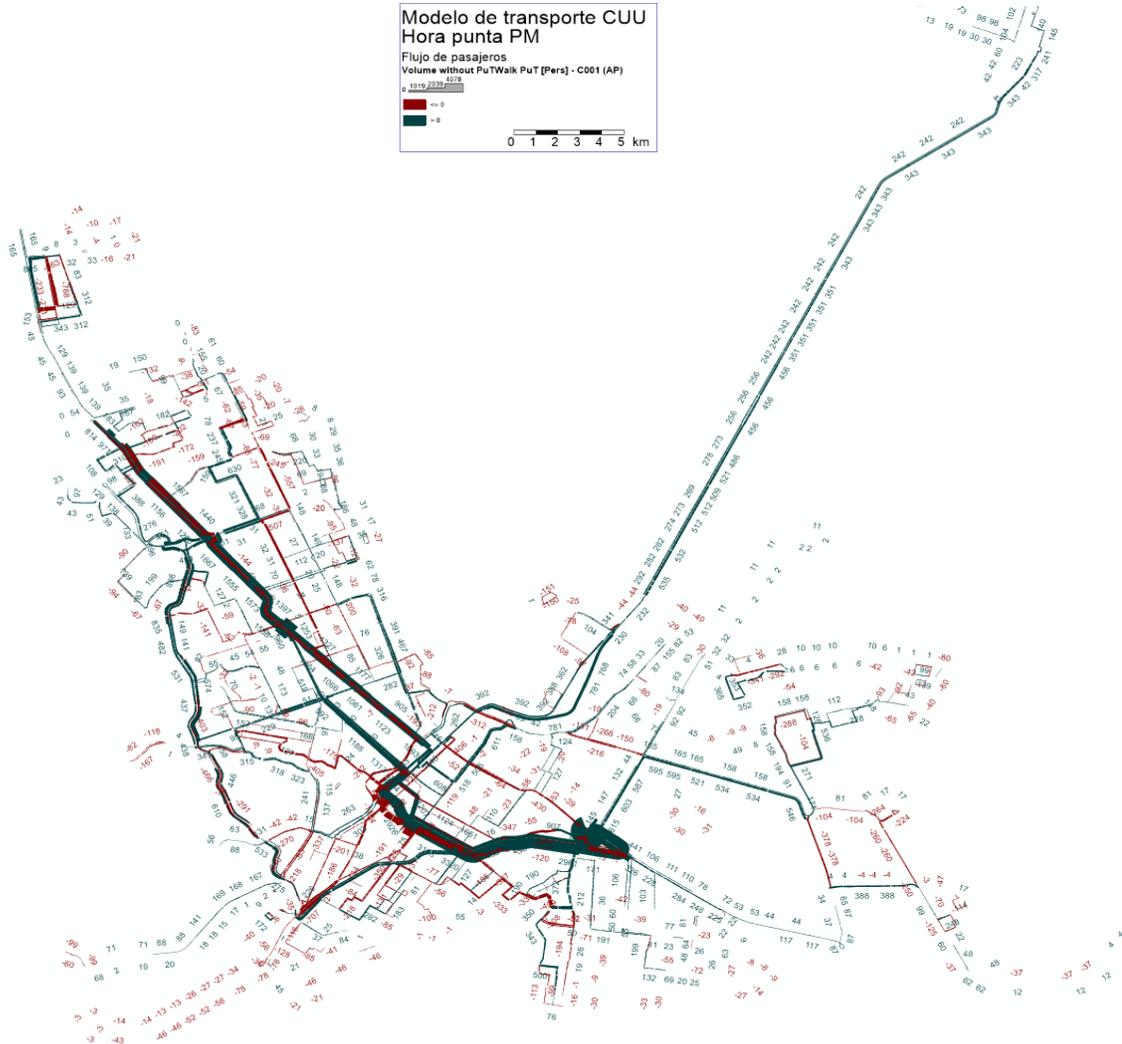
7.4.1.4 Flujos de pasajeros

Los cambios en los flujos de pasajeros responden a la propuesta de reestructuración de la red de transporte público. Se observa un crecimiento de la demanda a lo largo del corredor BRT, en



particular el tramo sur, y las nuevas rutas hacia Aldama como se muestra en los mapas siguientes.

Ilustración 42. Variación de pasajeros 2030 vs 2024 en el escenario posible



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM



Ilustración 43. Flujo de pasajeros de transporte público en escenario posible 2030



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

La reducción de la demanda en ciertos corredores es provocada por el incremento del número de transbordos requeridos para navegar por la nueva red. Antes de la reestructuración, el 41% de los viajes no requerían transbordos, es decir, eran viajes directos, mientras que con la nueva estructura este porcentaje se reduce al 24%.



7.4.2 Posible a 2035

7.4.2.1 Distribución de viajes

A 2035 se estima que los tiempos de viaje promedio aumenten en los segmentos que usan principalmente el vehículo privado derivado del aumento de la congestión en las vías. Respecto a los viajes en segmentos donde predomina el uso de transporte público se aprecia que no hay un cambio respecto al 2030. Si bien, se tiene una disminución del tiempo de viaje para el motivo de trabajo, puede indicar una pérdida de atractivo de este modo en viajes de largo recorrido.

Tabla 26. Variación de tiempos de viaje por segmento a 2035 en el escenario posible

Segmento		Tiempos de viaje (min)			Variación 2030-2035
		2024	2030	2035	
Con vehículo	Trabajo	24	25	25	0%
Sin vehículo	Trabajo	42	46	45	-2%
Con vehículo	Escuela	20	21	22	5%
Sin vehículo	Escuela	38	43	43	0%
Con vehículo	Otro	17	17	18	6%
Sin vehículo	Otro	41	43	43	0%
NHB		18	22	22	0%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM

7.4.2.2 Reparto modal

El reparto modal a 2035 no presenta variaciones respecto al 2030, se mantiene el 78% de los viajes en transporte privado, 17% en transporte público y el restante en transporte especial. La estabilidad del reparto modal responde a las propuestas de actuación considerando al sistema de movilidad en su totalidad

Tabla 27. Reparto modal en escenario posible 2035

Modo	2024	2030	2035
Vehículo	81%	78%	78%
Transporte público	14%	17%	17%
Laboral/Escolar	5%	5%	5%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM



7.4.2.3 Flujos vehiculares

Los flujos vehiculares a 2035 presentan un crecimiento natural asociado a las nuevas vialidades que se tienen proyectadas. Principalmente se presentan incrementos en la zona norte y noroeste de Chihuahua.

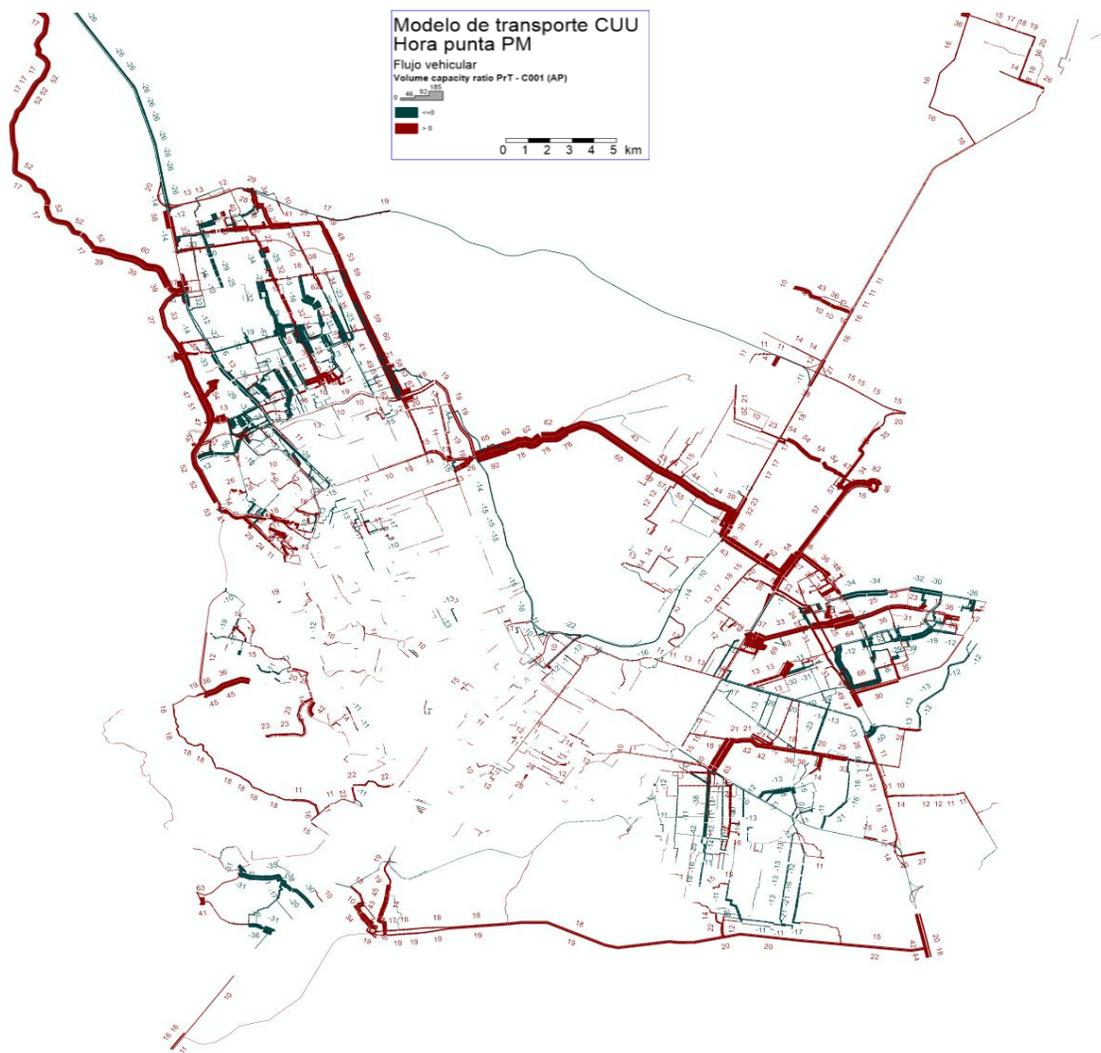
El crecimiento de la demanda vehicular genera mayor saturación sobre las principales vialidades como:

- Extensión Av. Venceremos.
- Extensión Av. De las Industrias.
- Av. Anthony Quinn.
- Av. Río Danubio.
- Av. Jovita Granados.
- Av. Fuerza Aérea.
- Blvd. Juan Pablo II.
- Av. Parques del oriente.

Cabe destacar que el Libramiento Sur presenta una demanda muy baja sólo en el tramo urbano y no funciona como libramiento, en cambio, el periférico Francisco R. Almada absorbe gran parte de la demanda. Es importante destacar que la Av. Jovita Granados reduce la saturación sobre el tramo central de la Vialidad Sacramento. Asimismo, se prevé que las propuestas reduzcan la saturación en la Av. Tecnológico y Av. De las Industrias.



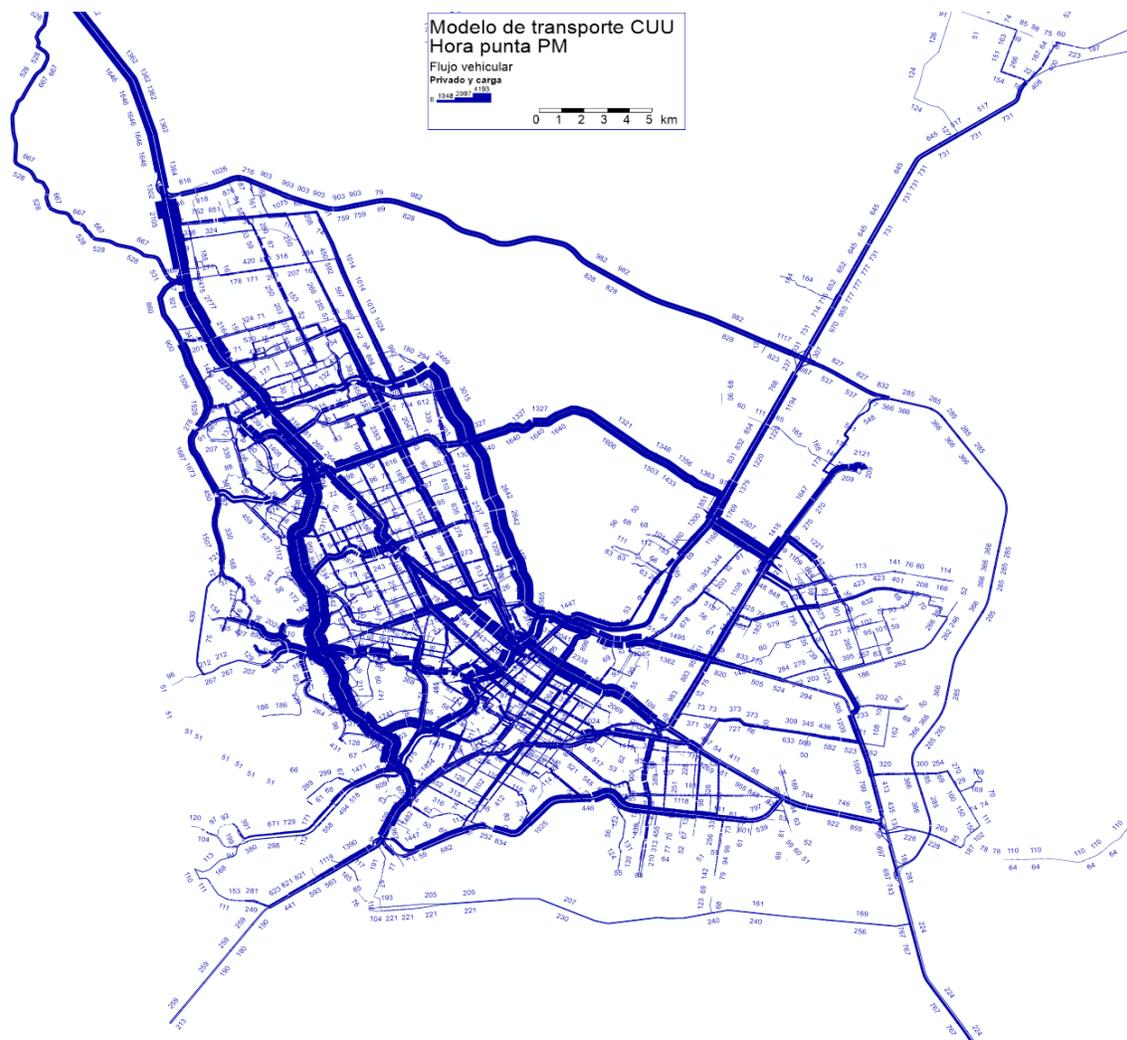
Ilustración 44. Flujos vehiculares en escenario posible 2035 vs 2030 en el escenario posible



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM



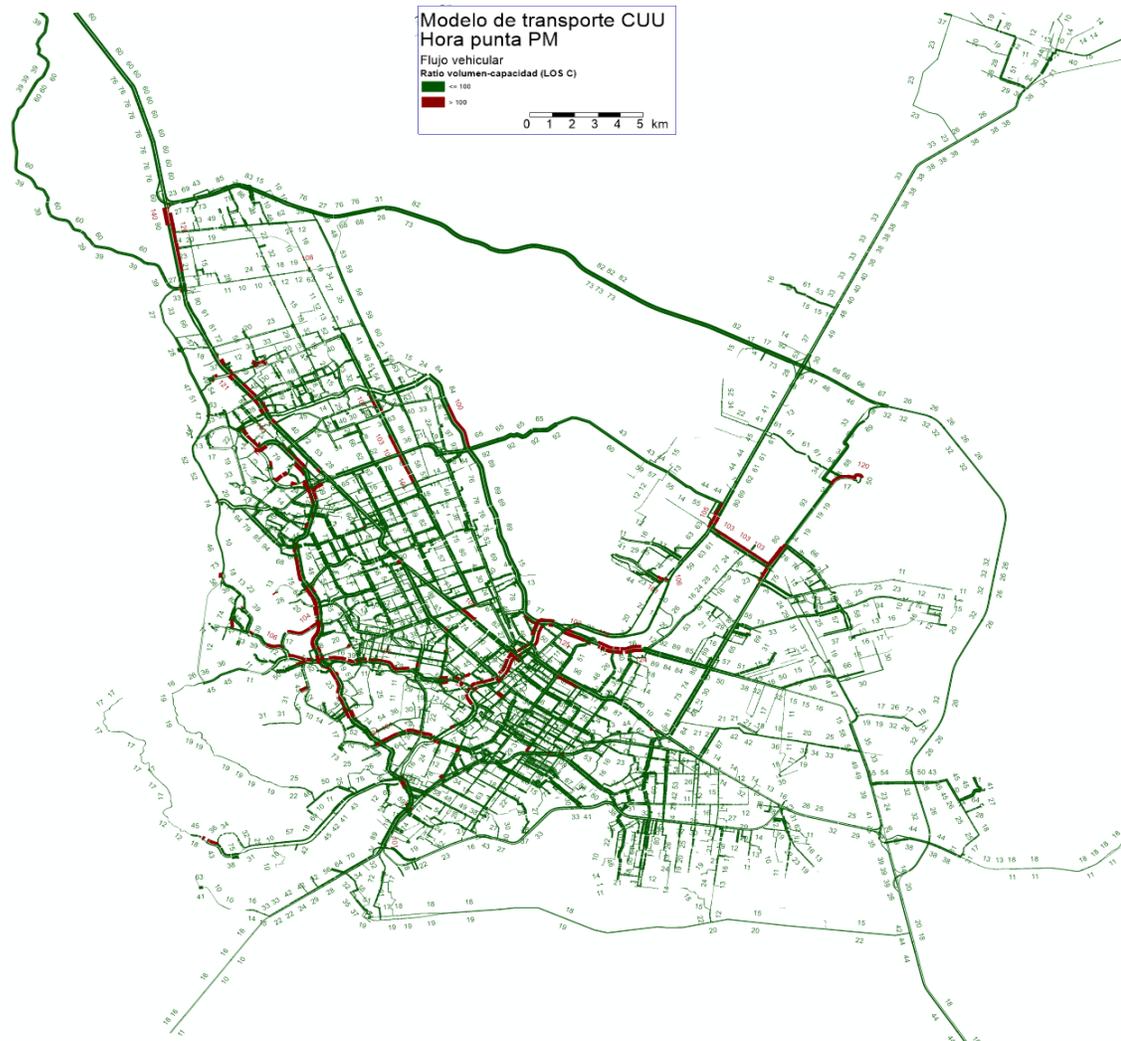
Ilustración 45. Flujos vehiculares en escenario posible 2035



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM



Ilustración 46. Nivel de servicio en la red vial 2035 en el escenario posible



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

7.4.2.4 Flujos de pasajeros

Los flujos de pasajeros con respecto al 2030 presentan una disminución significativa en el tramo sur del BRT. Por otra parte, se aprecia un mayor crecimiento al poniente y norte de la ciudad debido a las nuevas rutas y extensiones propuestas para este horizonte (ver Ilustración 47).

Los flujos de pasajeros resultantes a 2035 en escenario posible mantienen al BRT como el principal corredor de transporte público con una carga máxima de 3,800 pasajeros por hora y dirección sobre la Av. Melchor Ocampo (ver Ilustración 48).



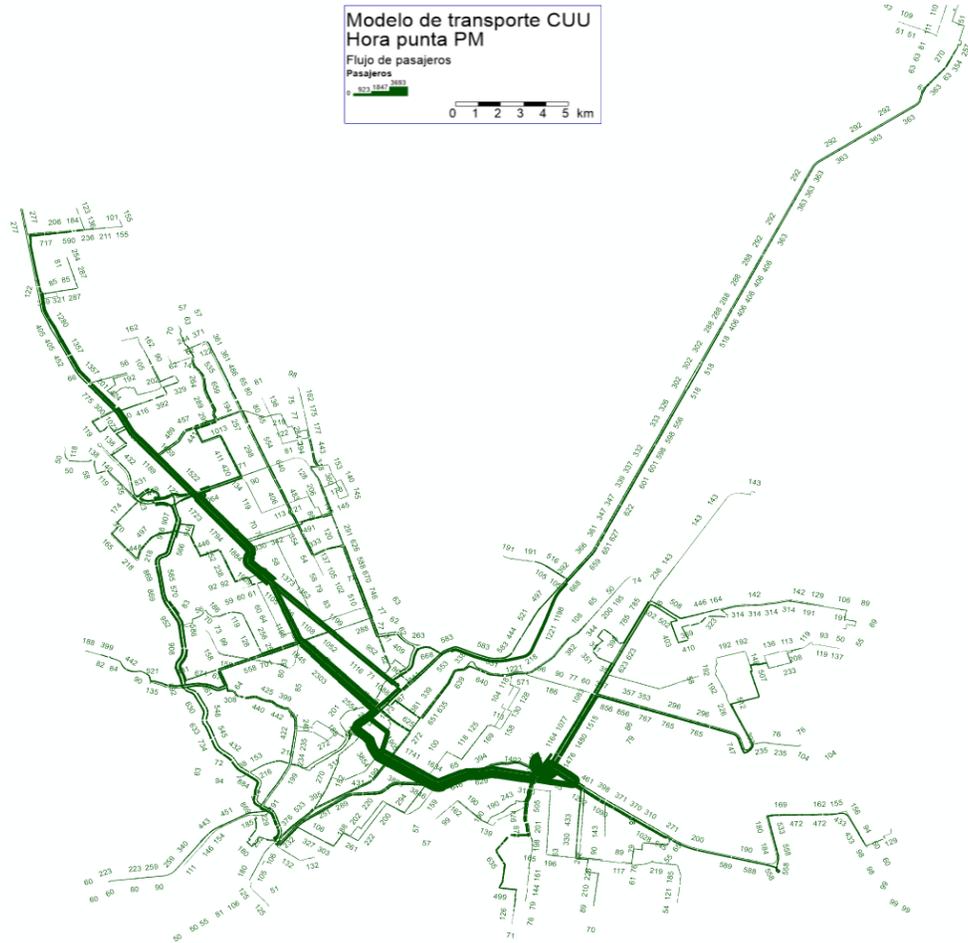
Ilustración 47. Flujo de pasajeros en escenario posible 2035 vs 2030 en el escenario posible



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM



Ilustración 48. Flujo de pasajeros en escenario posible 2035



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

7.4.3 Posible a 2040

7.4.3.1 Distribución de viajes

A 2040 los tiempos de viaje se estabilizan, con ligeros incrementos en ciertos segmentos y una disminución del tiempo promedio de viaje en viajes por trabajo en transporte público.



Tabla 28. Variación de tiempos de viaje por segmento a 2040 en el escenario posible

Segmento		Tiempos de viaje (min)				Variación 2035-2040
		2024	2030	2035	2040	
Con vehículo	Trabajo	24	25	25	26	4%
Sin vehículo	Trabajo	42	46	45	43	-4%
Con vehículo	Escuela	20	21	22	22	0%
Sin vehículo	Escuela	38	43	43	44	2%
Con vehículo	Otro	17	17	18	18	0%
Sin vehículo	Otro	41	43	43	43	0%
NHB		18	22	22	22	0%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM

7.4.3.2 Reparto modal

A 2040 se observa que el reparto modal se mantiene estable en comparación con el escenario a 2035. Si bien, la motorización sigue aumentando, se espera que la reestructuración de las rutas y la propuesta de tarificación incidan en la preferencia de los usuarios y se siga promoviendo el uso del transporte público.

Tabla 29. Reparto modal en escenario posible 2040

Modo	2024	2030	2035	2040
Vehículo privado	81%	78%	78%	78%
Transporte público	14%	17%	17%	17%
Laboral/Escolar	5%	5%	5%	5%

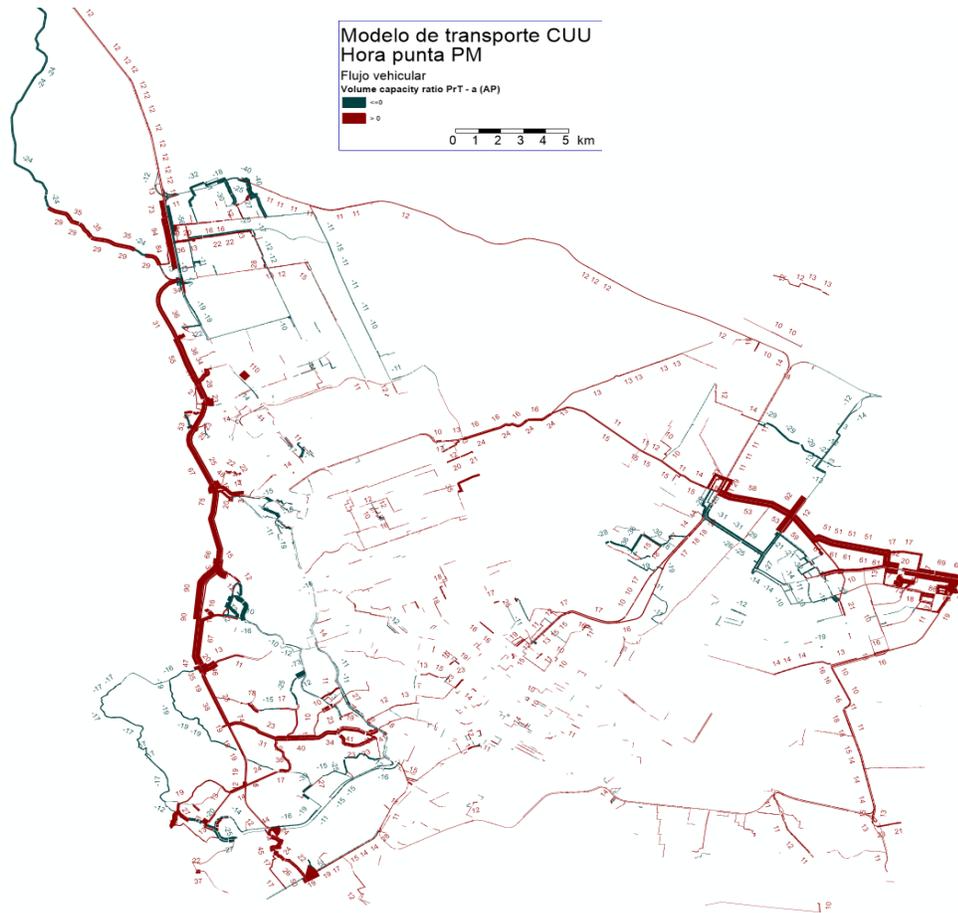
Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM

7.4.3.3 Flujos vehiculares

Los flujos vehiculares a 2040 presentan un crecimiento sobre el Blvd. Luis H. Álvarez y la Av. Oriente Aeropuerto principalmente (Ilustración 49). Se espera que el Blvd. Luis H. Álvarez capte flujos de las nuevas zonas de desarrollo urbano al poniente y alivie la congestión del Periférico de la Juventud, para esta vialidad se espera que atienda un máximo de 2,400 veh/h en su tramo más cargado. Se prevé que la Av. Oriente Aeropuerto atienda las nuevas relaciones de movilidad derivadas de la expansión urbana al oriente de la ciudad.



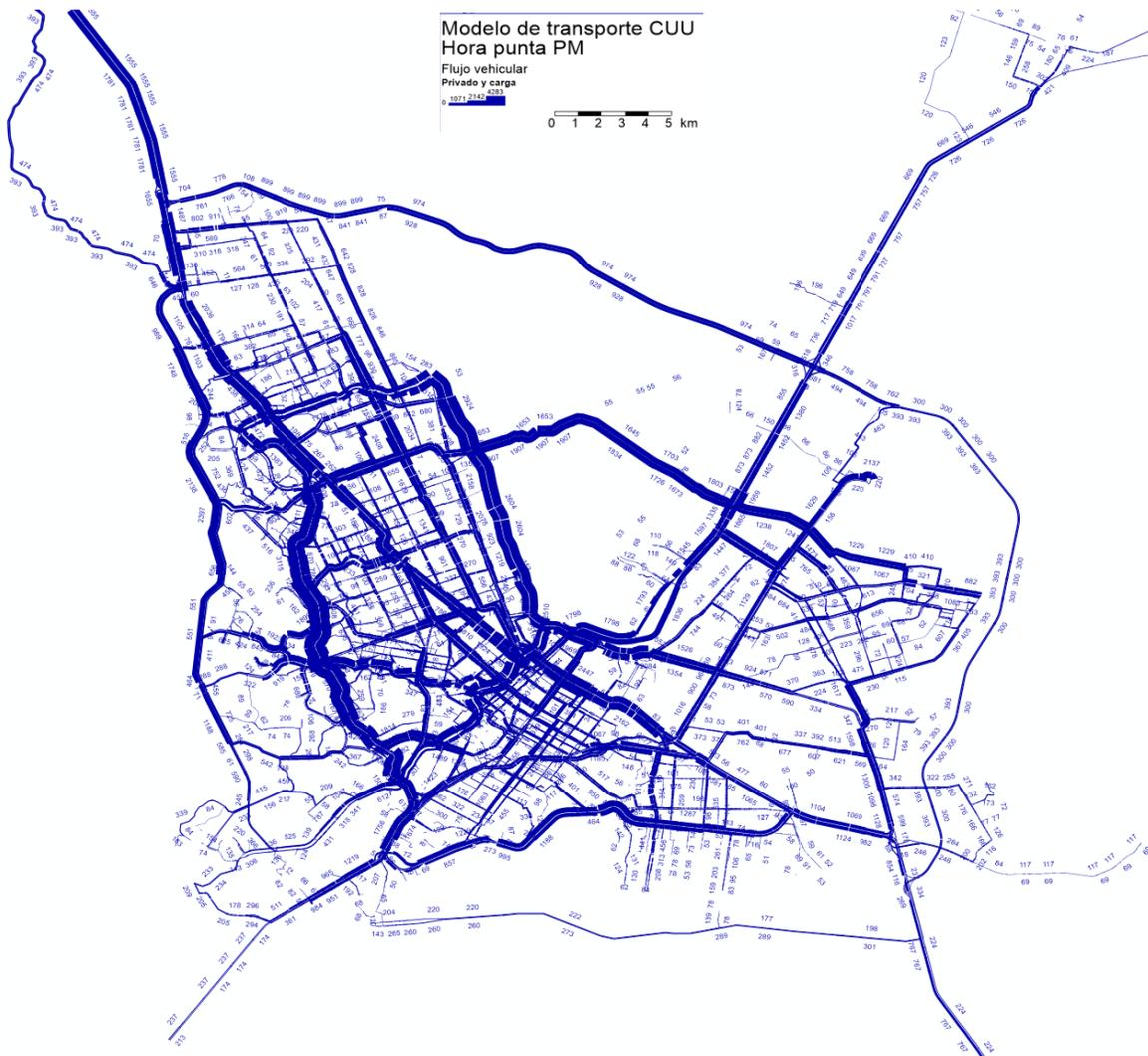
Ilustración 49. Flujos vehiculares en escenario posible 2040 vs 2035



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM



Ilustración 50. Flujos vehiculares en escenario posible 2040



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

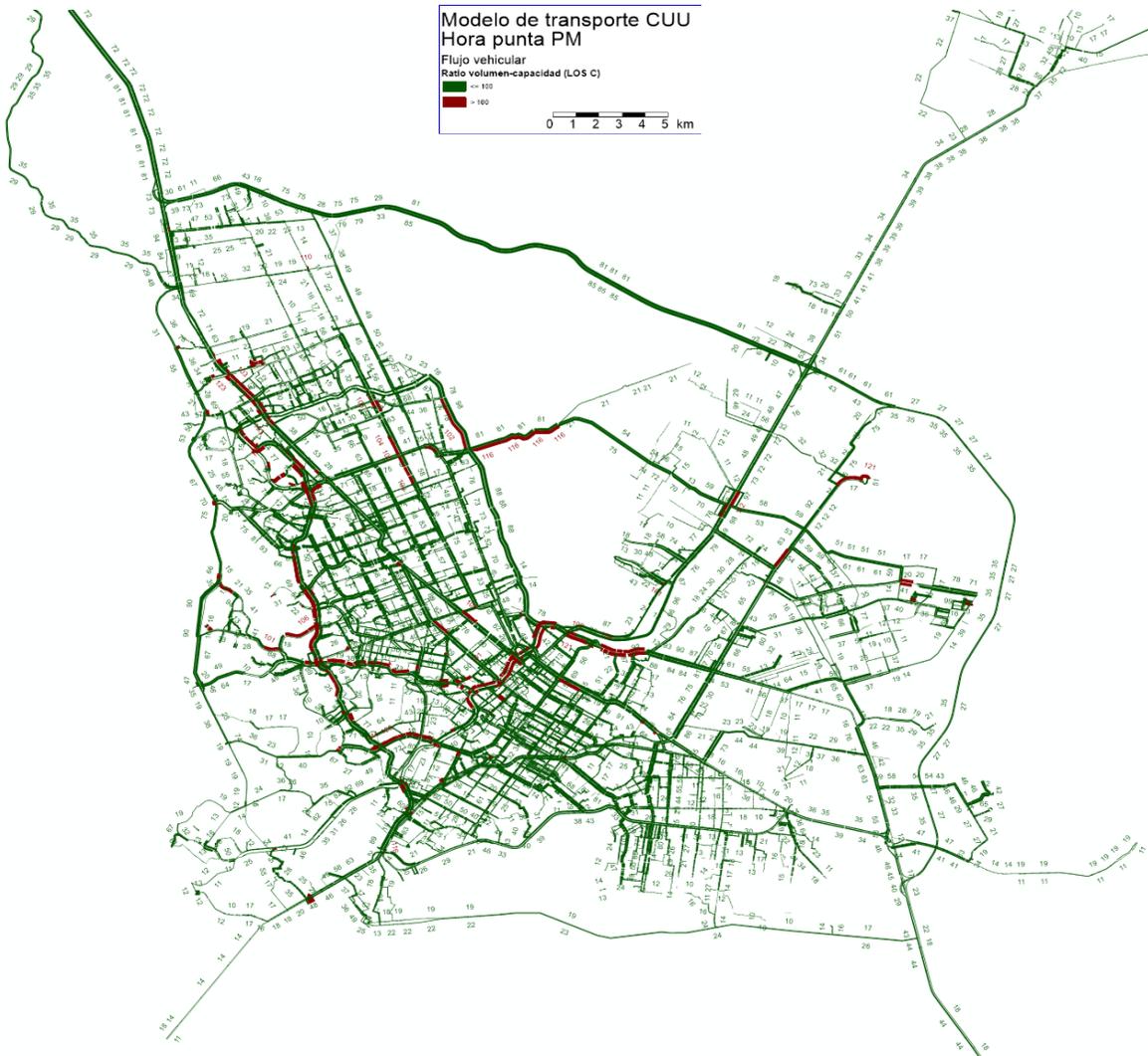
A 2040 la saturación de la vía se extiende a lo largo de las principales vialidades como:

- Periférico de la Juventud.
- Av. Teófilo Borunda.
- Av. V. Lombardo Toledano.
- Carretera Chihuahua-Ojinaga.



Aunque el Blvd. Luis H. Álvarez tiene como objetivo descongestionar el Periférico de la Juventud, este último continuará experimentando congestión en los tramos de mayor actividad comercial y en las cercanías de la Universidad.

Ilustración 51. Nivel de servicio de la red vial en el escenario posible 2040



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

7.4.3.4 Flujo de pasajeros

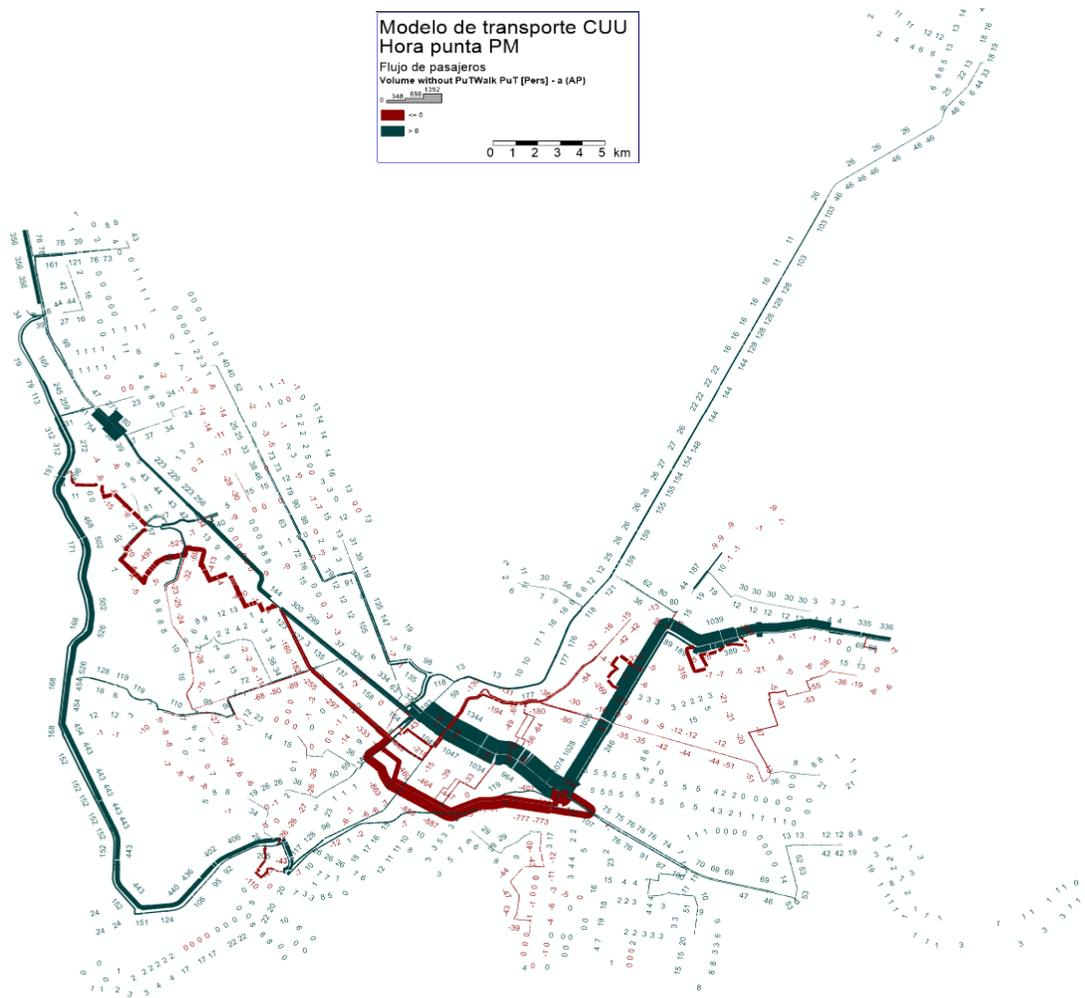
Los flujos de pasajeros proyectados para 2040 muestran un crecimiento que ya no está relacionado con el aumento natural de la población, sino con la implementación de nuevas rutas planificadas. Se espera un incremento significativo en la ruta del Blvd. Luis H. Álvarez que conectará los nuevos desarrollos del oriente con el centro de la ciudad.



Similar a lo que se observó en años anteriores, se prevé una disminución en la demanda del corredor BRT. Esta reducción se atribuye al aumento de la motorización y a los transbordos necesarios en la nueva estructura de la red, lo que penaliza a los usuarios.

La distribución de los flujos de pasajeros a 2040 muestra que los principales corredores serán la línea actual de BRT y la troncal propuesta oriente-centro.

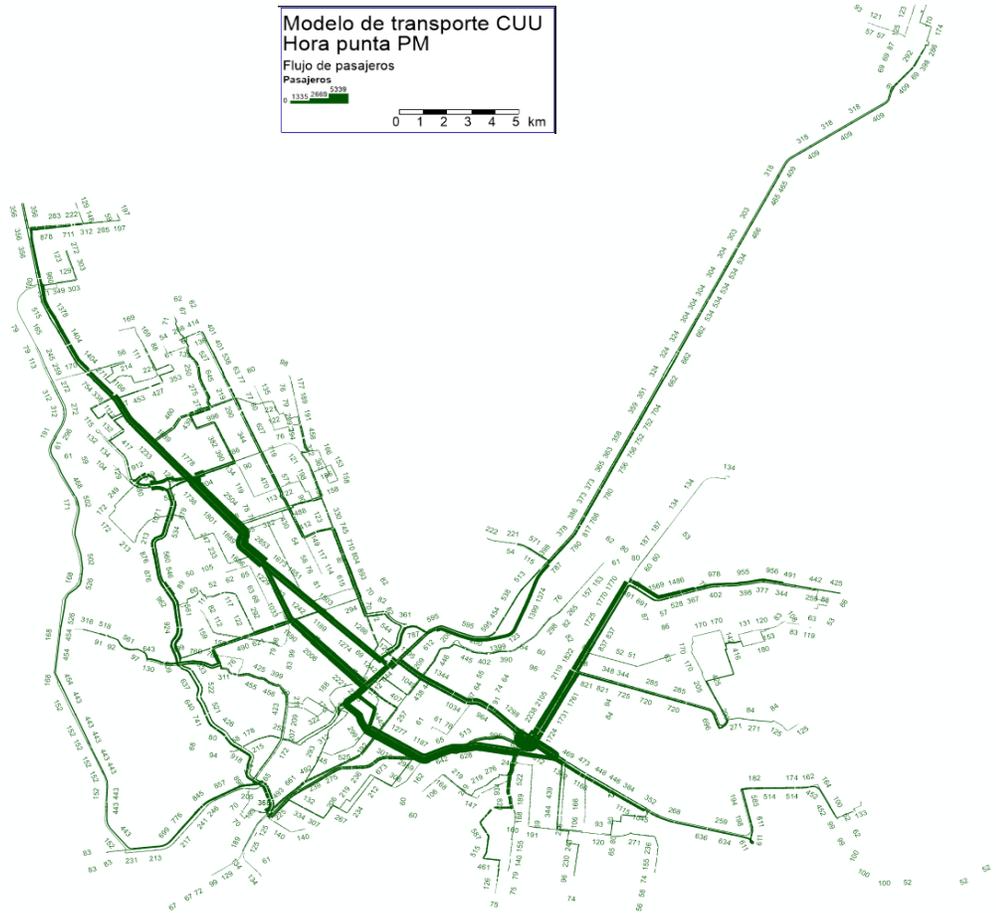
Ilustración 52. Flujos de pasajeros en escenario posible 2040



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM



Ilustración 53. Flujos de pasajeros en escenario posible 2040



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM



8 ESCENARIO IDEAL

El escenario ideal representa una visión aspiracional de la movilidad en la ZMCH, donde se logra un equilibrio entre la eficiencia, la sostenibilidad y la equidad. Este escenario, tiene como premisa la promoción del uso masivo del transporte público, la movilidad activa y la reducción drástica de la dependencia del vehículo privado. En este escenario se excluye la realización del modelo de demanda, dado que las propuestas aspiracionales presentan una baja viabilidad para su ejecución y evaluación.

8.1 Población

El crecimiento poblacional utilizado en todos los escenarios corresponde al mismo presentado en el escenario tendencial ya que este no se considera un elemento variable para el análisis de escenarios. Para fines informativos, se presenta la tabla con la información poblacional utilizada.

Tabla 30. Crecimiento tendencial de la población

Municipio	Población (pob)					TCMA 2020 – 2040 (%)
	2020	2024	2030	2035	2040	
Aldama	22,568	24,276	26,839	28,975	31,111	1.62%
Aquiles Serdán	23,009	33,132	48,363	61,056	73,749	6.00%
Chihuahua	925,762	964,022	1,021,412	1,069,237	1,117,062	0.94%
ZMCH	971,339	1,021,430	1,096,614	1,159,268	1,221,922	1.15%

Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (INEGI, 2000 – 2020) y del Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Chihuahua (IMPLAN, 2023)

8.2 Motorización

En este escenario ideal, se identifica como objetivo primordial la contención del crecimiento acelerado de la tasa de motorización. Aunque se reconoce que no se persigue una reducción absoluta de esta tasa con respecto a la línea base, se considera importante frenar su crecimiento como primer paso hacia una transformación significativa de la movilidad en la región. Por ende, la meta aspiracional se enfoca en reducir en un 100% la variación entre el incremento proyectado en el escenario tendencial y la línea base, con el propósito de estabilizar la tasa de motorización en los próximos años.

Por consiguiente, se establece como meta específica alcanzar una tasa de motorización de 673.30 vehículos por cada 1,000 habitantes para la ZMCH en el escenario ideal. Esta tasa de



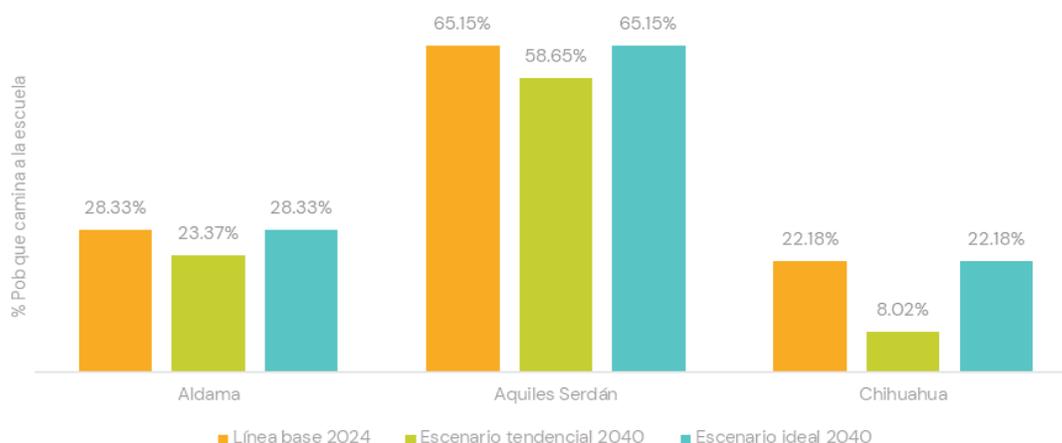
motorización tendrá como resultados los siguientes porcentajes de uso de cada modo de transporte:

Tabla 31. Comparativo de porcentajes de población por modo y motivo de los escenarios tendencial e ideal

Porcentaje de población que camina a la escuela				
Municipio	Línea base 2024	Horizonte 2040		
		Tendencial	Ideal	Diferencia
Aldama	28.33%	23.37%	28.33%	4.97%
Aquiles Serdán	65.15%	58.65%	65.15%	6.50%
Chihuahua	22.18%	8.02%	22.18%	14.16%
Porcentaje de población que usa el transporte público para ir al trabajo				
Municipio	Línea base 2024	Horizonte 2040		
		Tendencial	Ideal	Diferencia
Aldama	10.43%	7.36%	10.43%	3.08%
Aquiles Serdán	41.87%	37.84%	41.87%	4.03%
Chihuahua	16.79%	8.02%	16.79%	8.77%
Porcentaje de población que usa vehículo privado para ir al trabajo				
Municipio	Línea base 2024	Horizonte 2040		
		Tendencial	Ideal	Diferencia
Aldama	60.38%	68.52%	60.38%	-8.14%
Aquiles Serdán	24.15%	34.81%	24.15%	-10.66%
Chihuahua	69.19%	92.40%	69.19%	-23.21%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 54. Comparativo de porcentajes de población por modo y motivo de los escenarios tendencial e ideal





Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (2000 – 2020), estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020) y del PDU 2040 (IMPLAN, 2023)

8.2.1 Parque vehicular

En el escenario ideal se proyecta un aumento en el parque vehicular de la zona metropolitana de 687,724 (2024) a 822,714 (2040), lo cual representa un crecimiento del 19.63% respecto a la situación actual en torno a un aumento anual promedio del 1.13%. Como se observa, este escenario muestra un crecimiento muy controlado del parque vehicular.

A nivel municipal, Aldama muestra un crecimiento gradual en su parque vehicular, pasando de 15,934 vehículos en 2024 a 20,421 en 2040, con una tasa de crecimiento medio anual del 1.56%. Destaca especialmente el aumento previsto en el municipio de Aquiles Serdán, donde se espera que el parque vehicular pase de 10,646 a 23,697 vehículos durante el mismo periodo. Esto



representa un crecimiento del 122.59%, con una TCMA del 5.13%. La TCMA más baja se presentará en Chihuahua con el 0.93%.

Tabla 32. Crecimiento ideal del parque vehicular

Municipio	Parque vehicular (veh)				TCMA 2024 – 2040 (%)
	2024	2030	2035	2040	
Aldama	15,934	17,895	19,168	20,421	1.56%
Aquiles Serdán	10,646	16,033	19,927	23,697	5.13%
Chihuahua	661,144	728,350	747,736	766,101	0.93%
ZMCH	687,724	765,232	794,614	822,714	1.13%

Fuente: Elaboración propia con información de la estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020)

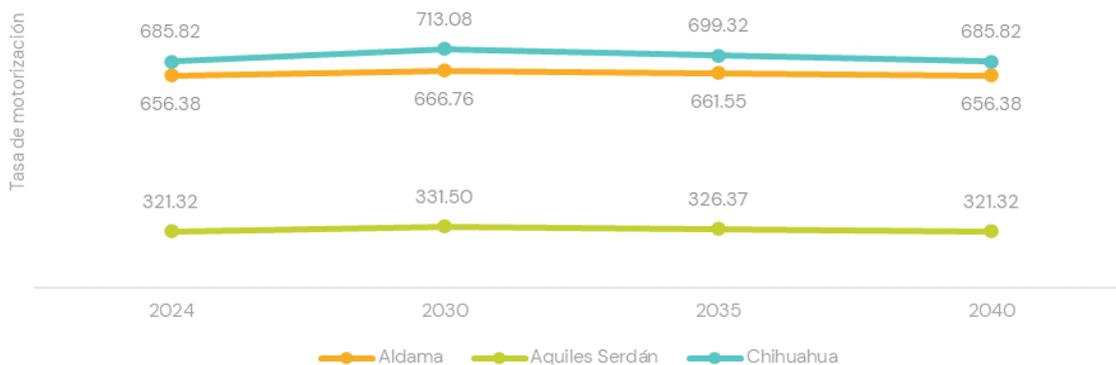
8.2.2 Tasa de motorización

Este escenario, al igual que el escenario posible, parte de la línea base en la que se registran las siguientes tasas de motorización: 656.82 para Aldama, 321.32 para Aquiles Serdán y 685.82 para Chihuahua. Estos valores representan el punto de partida para las proyecciones futuras.

Comparando los datos proyectados frente al escenario tendencial, se aprecia una reducción de la tasa de motorización. En toda la zona metropolitana, en el escenario tendencial se proyecta una tasa de motorización de 823.74, mientras que, en el escenario ideal, la tasa se mantiene en 673.30 vehículos/1,000 habitantes.

Como se aprecia, la reducción en la tasa de motorización es más alta en comparación con el escenario posible. Representando una contención sostenida del crecimiento del parque vehicular en la zona de estudio.

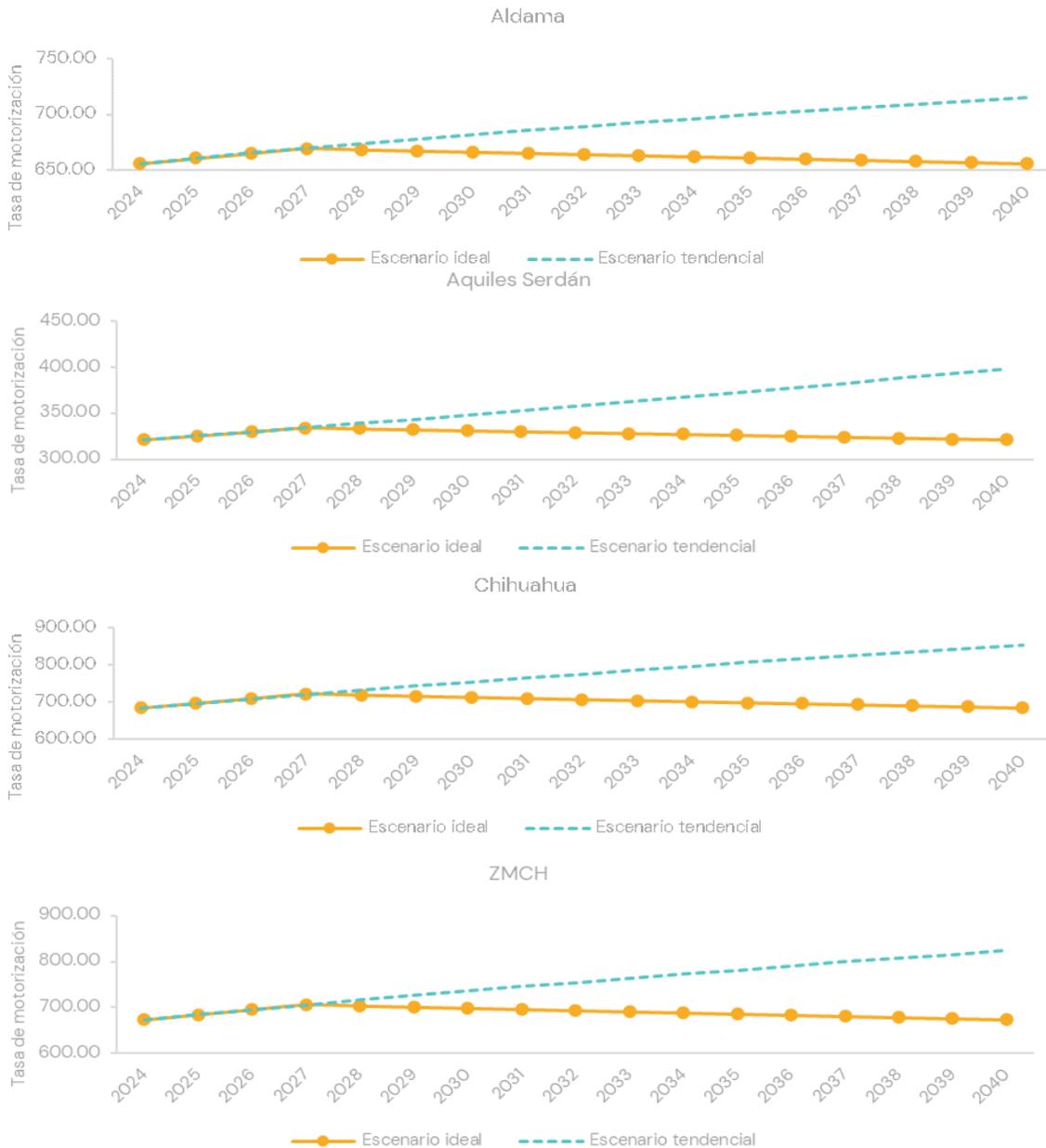
Ilustración 55. Tasa de motorización del escenario ideal del parque vehicular



Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (2000 – 2020), estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020) y del Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Chihuahua (IMPLAN, 2023)



Ilustración 56. Comparativo de tasas de motorización del escenario ideal con el escenario tendencial



Fuente: Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (2000 – 2020), estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020) y del Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Chihuahua (IMPLAN, 2023)



8.3 Porcentajes de población por modo de transporte y motivo de viaje

El efecto de frenar el crecimiento de la tasa de motorización tiene un impacto en el porcentaje de uso de los diferentes modos de transporte frente al escenario tendencial y al año base.

Tabla 33. Comparativo de porcentajes de población por modo y motivo de los escenarios tendencial e ideal

Población que camina a la escuela (%)				
Municipio	Línea base 2024	Horizonte 2040		
		Tendencial	Ideal	Diferencia
Aldama	28.33%	23.37%	28.33%	4.97%
Aquiles Serdán	65.15%	58.65%	65.15%	6.50%
Chihuahua	22.18%	8.02%	22.18%	14.16%
Población que usa el transporte público para ir al trabajo (%)				
Municipio	Línea base 2024	Horizonte 2040		
		Tendencial	Ideal	Diferencia
Aldama	10.43%	7.36%	10.43%	3.08%
Aquiles Serdán	41.87%	37.84%	41.87%	4.03%
Chihuahua	16.79%	8.02%	16.79%	8.77%
Población que usa vehículo privado para ir al trabajo (%)				
Municipio	Línea base 2024	Horizonte 2040		
		Tendencial	Ideal	Diferencia
Aldama	60.38%	68.52%	60.38%	-8.14%
Aquiles Serdán	24.15%	34.81%	24.15%	-10.66%
Chihuahua	69.19%	92.40%	69.19%	-23.21%

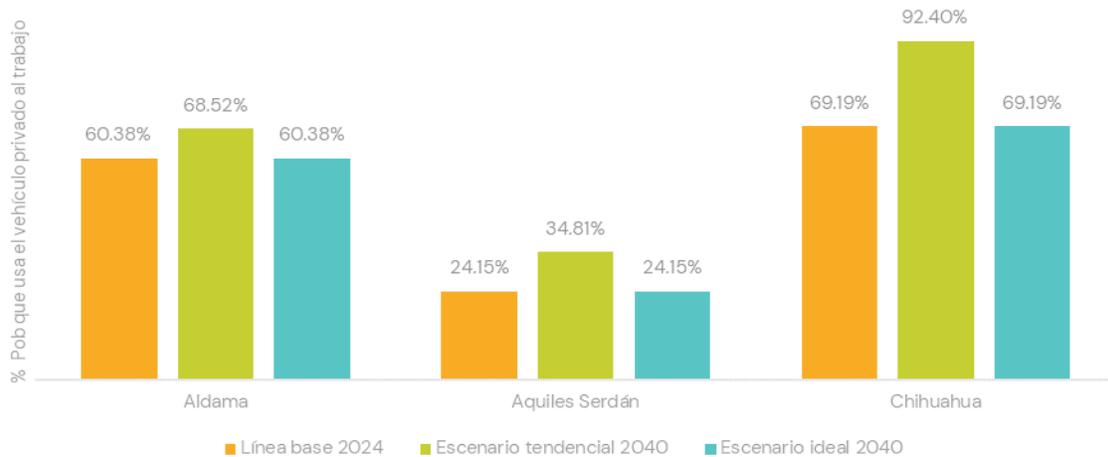
Fuente: Elaboración propia a partir de proyecciones de datos del cuestionario ampliado del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020)

8.3.1 En vehículo privado al trabajo

Para este escenario, se espera que haya una reducción en la dependencia del vehículo privado en comparación con la proyección tendencial. Se destaca que la reducción más significativa se observa en Chihuahua, donde la proyección tendencial indica que para el año 2040, un 92.40% de la población emplearía el vehículo como su principal modo de transporte para desplazarse al trabajo, mientras que en el escenario ideal se espera que este porcentaje se reduzca considerablemente al 69.19%, es decir, una variación de 23.21 puntos porcentuales.

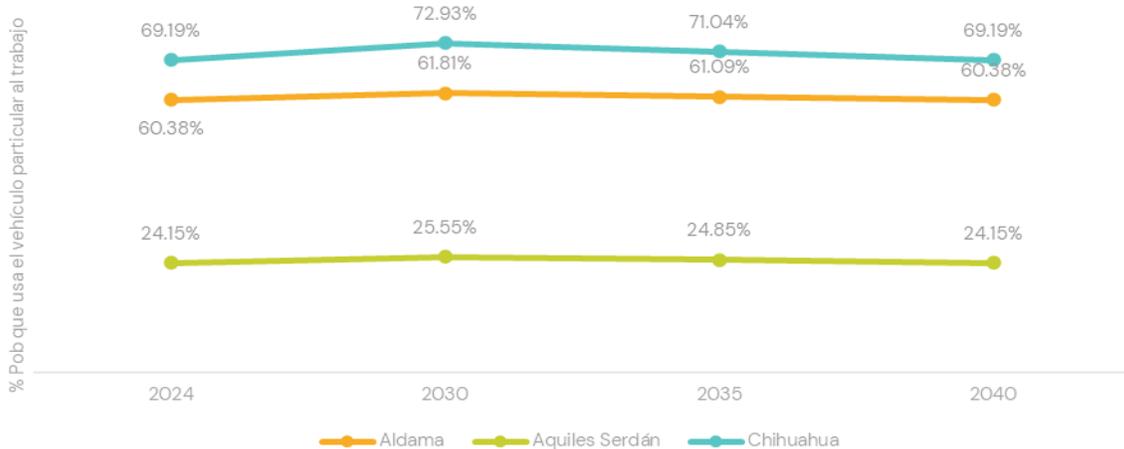


Ilustración 57. Escenario ideal en vehículo privado al trabajo



Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (2000 – 2020), estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020) y del PDU 2040 (IMPLAN, 2023)

Ilustración 58. Escenario ideal del porcentaje de población que usará el vehículo privado para ir al trabajo



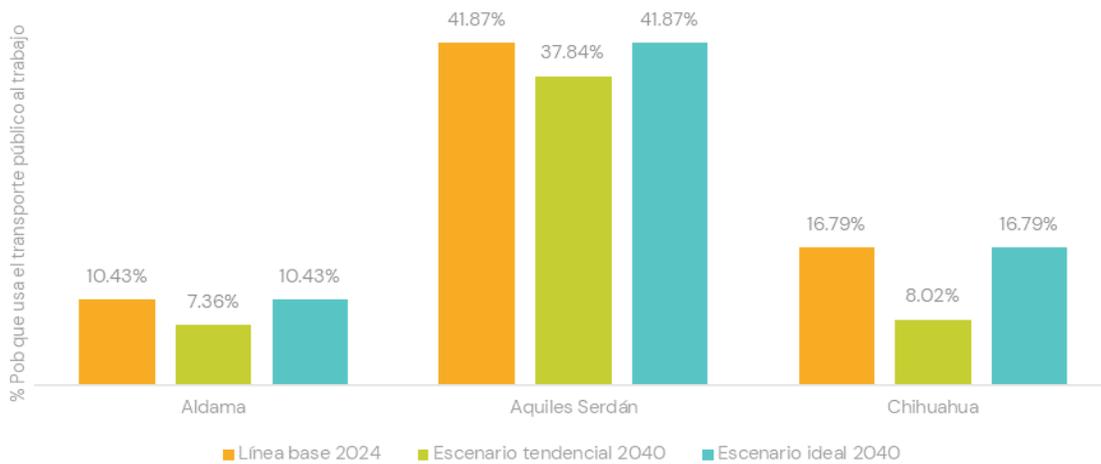
Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (2000 – 2020), estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020) y del PDU 2040 (IMPLAN, 2023)

8.3.2 En transporte público al trabajo

En todos los municipios, las proyecciones para 2040 muestran un aumento en el porcentaje de uso del transporte público frente al escenario tendencial. Por ejemplo, en Chihuahua, se registra la estimación más alta en el aumento en el uso del transporte público pasando de 8.02% en el escenario tendencial al 16.79% en el escenario ideal, es decir, un incremento de 8.77 puntos porcentuales.

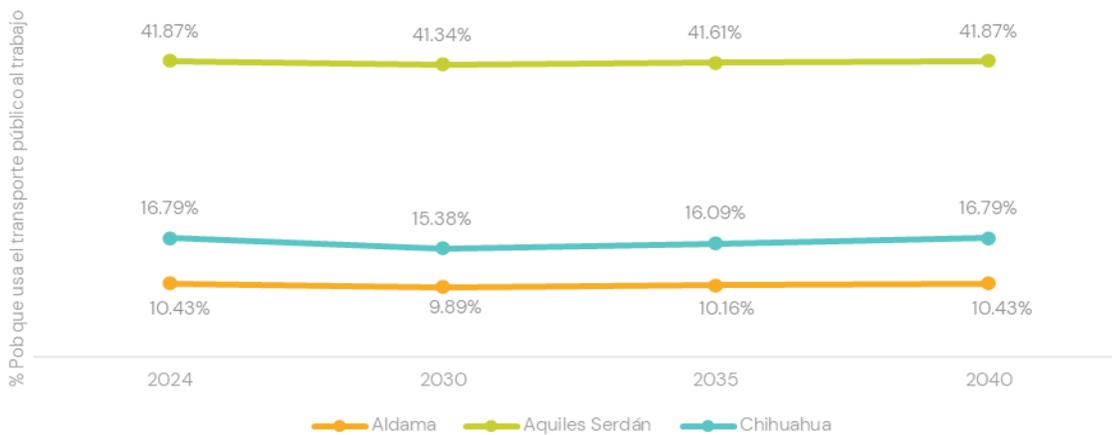


Ilustración 59. Escenario ideal en transporte público al trabajo



Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (2000 – 2020), estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020) y del PDU 2040 (IMPLAN, 2023)

Ilustración 60. Escenario ideal del porcentaje de población que usará el transporte público para ir al trabajo



Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (2000 – 2020), estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020) y del PDU 2040 (IMPLAN, 2023)

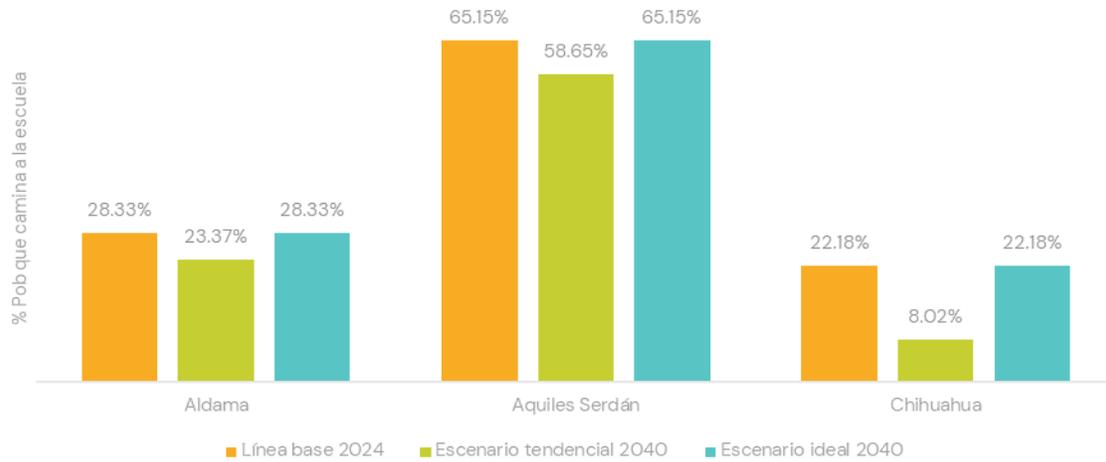
8.3.3 Caminar a la escuela

Tal como ocurre con el transporte público, el uso de la caminata como medio de transporte para llegar a la escuela muestra un aumento en comparación con las estimaciones del escenario tendencial. Este incremento es especialmente notable en Chihuahua, donde se proyectó que el



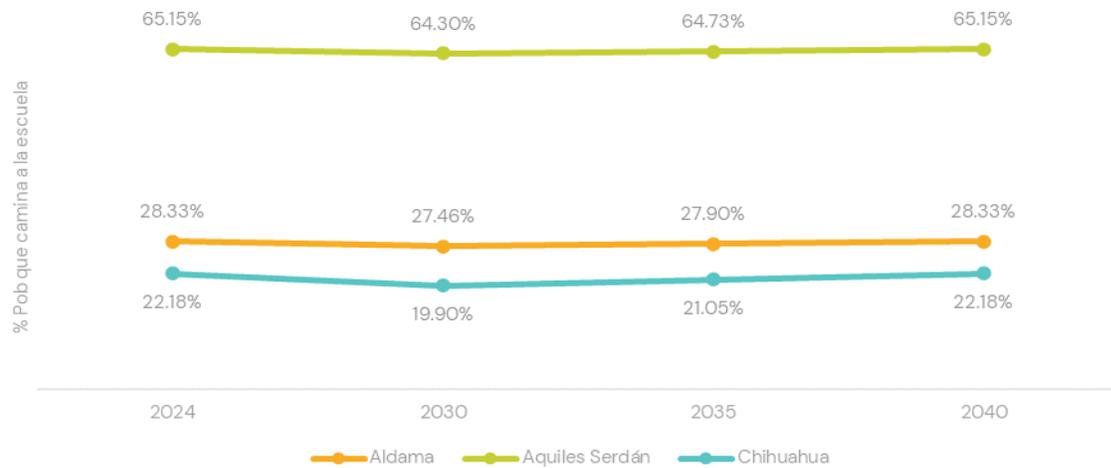
uso de este modo de transporte sería del 8.02% en 2040 según el escenario tendencial, mientras que se espera que aumente hasta el 22.18% en el escenario ideal para el mismo periodo.

Ilustración 61. Escenario ideal camina a la escuela



Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (2000 – 2020), estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020) y del PDU 2040 (IMPLAN, 2023)

Ilustración 62. Escenario ideal del porcentaje de población que caminará para ir a la escuela



Fuente: Elaboración propia con información de los Censos de Población y Vivienda (2000 – 2020), estadística de VMRC (INEGI, 2002 – 2020) y del PDU 2040 (IMPLAN, 2023)

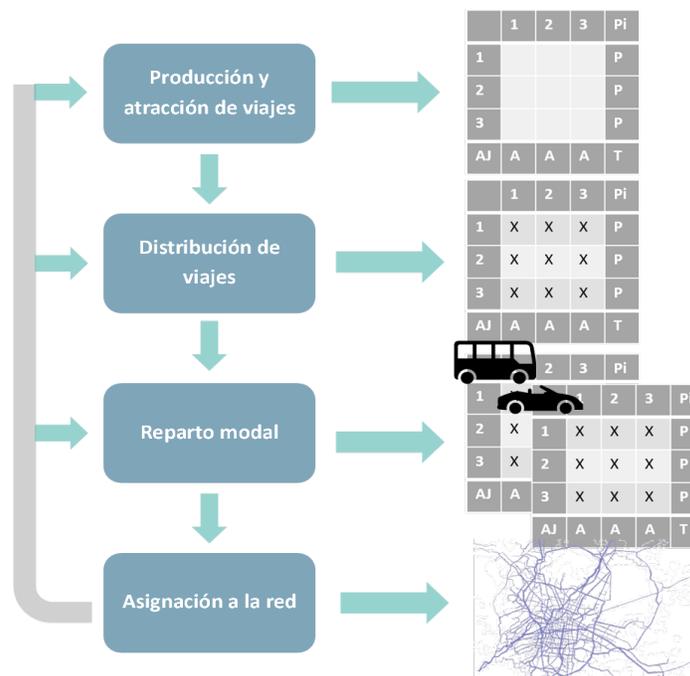


9 ANEXO 1. MODELO DE DEMANDA

Los modelos de transporte son herramientas matemáticas ampliamente utilizadas para la planificación del transporte urbano. Entre ellos, el modelo de transporte de cuatro etapas destaca por su enfoque integral que abarca la demanda y la oferta de transporte de una zona en específico.

Este enfoque aborda la demanda de transporte desde diferentes perspectivas, dividiendo el proceso en cuatro etapas interrelacionadas: producción y atracción de viajes, distribución de viajes, reparto modal y asignación a la red.

Ilustración 63. Esquema del modelo de cuatro etapas



Fuente: Elaboración propia

1. **Producción y atracción de viajes.** En esta etapa se determina el número total de viajes que se realizan en una región urbana en un periodo de tiempo determinado. Para esta etapa, se utilizó la información obtenida de los datos de telefonía móvil.
2. **Distribución de viajes.** Se asignan los viajes producidos y atraídos a diferentes pares de origen-destino dentro del área de estudio. El objetivo de esta etapa es construir una matriz de viajes.



3. **Reparto modal.** Analiza cómo se distribuyen los viajes entre diferentes modos de transporte disponibles, como el transporte público, el vehículo privado, etc.
4. **Asignación a la red.** Se determina la cantidad de viajes que se realizan en cada modo de transporte y se asignan a las diferentes rutas y redes de transporte.

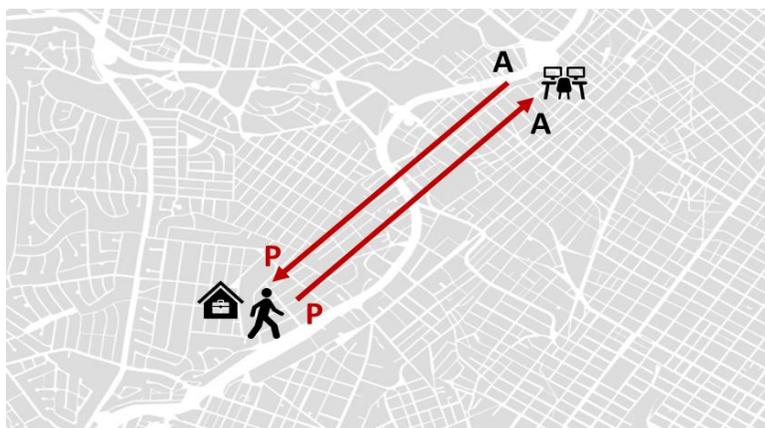
En la imagen (Ilustración 63), se aprecia que el modelo de cuatro pasos implica un proceso iterativo a partir del segundo paso. Esto se debe a que se necesitan las rutas asignadas para calcular los tiempos y costos asociados a ellas. Después, estos datos se usan para avanzar en cada etapa posterior del modelo.

9.1 Antecedentes

Los desplazamientos cotidianos en entornos urbanos se generan como respuesta a la necesidad de las personas de participar en actividades económicas clave dentro de la ciudad, como el trabajo o la educación. Estos movimientos suelen manifestarse en la forma de viajes de ida y vuelta desde el hogar, que se considera la entidad generadora de tales desplazamientos. Desde esta perspectiva, cada hogar se identifica como la fuente de dos viajes, uno de ida y otro de vuelta, ya que ambos viajes se planean desde el hogar.

Un viaje, en este contexto, se define como un traslado desde un punto de origen hasta un destino, motivado por razones que van más allá del simple acto de desplazarse en sí mismo. Desde la óptica de los centros de trabajo o educativos, se observa la atracción de dos viajes, ya que los individuos no tienen residencia en dichos lugares y, por lo tanto, no pueden ser considerados como fuentes de viajes.

Ilustración 64. Definición de viaje en formato producción-atracción



Fuente: Elaboración propia



Además de los desplazamientos obligatorios o “movilidad obligada”, existen otros motivos para realizar viajes, como acompañar a alguien, realizar compras, llevar a cabo trámites, visitas al médico o disfrutar de actividades recreativas. Estos movimientos se consideran basados en el hogar siempre y cuando al menos uno de los extremos del viaje sea la residencia del individuo.

Dentro de las actividades diarias, puede surgir la necesidad de realizar viajes que no están vinculados al hogar, como salir a comer, realizar compras o gestionar trámites desde el lugar de trabajo, estudio u otro sitio ajeno al domicilio. Estos viajes, denominados no basados en el hogar, se originan en el punto de partida y son atraídos por el destino.

Ilustración 65. Viaje no basado en el hogar

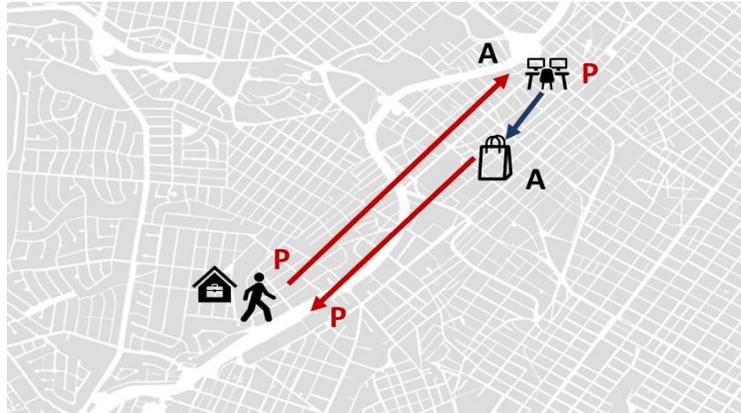


Fuente: Elaboración propia

Al considerar lo expuesto anteriormente, se obtiene una representación más precisa de la movilidad diaria de las personas, la cual se ilustra como una cadena de viajes realizados a lo largo del día. Aunque esta representación es más realista, en la modelación de la demanda de transporte, los viajes se representan como una serie de desplazamientos en formato producción-atracción.



Ilustración 66. Cadena de viaje en formato producción-atracción



Fuente: Elaboración propia

9.2 Movilidad cotidiana y viajes en la ZMCH

La modelación de transporte se enfoca en conocer la demanda de vehículos y de pasajeros dentro del área en estudio, por lo que se definen a los viajes en modos motorizados como el objeto en estudio.

De acuerdo con los datos de telefonía provistos por Nommon, en la Zona Metropolitana de Chihuahua (ZMCH) se realizan alrededor de 2.7 millones de viajes en un día promedio. De los cuales, el 72% se realizan en vehículos (Taller ACUR, 2020) lo que resultan en cerca de 2 millones de viajes motorizados. El modelo de transporte se centra en la evaluación y análisis de los viajes motorizados.

Como se mencionó en la sección previa, los viajes se pueden clasificar en movilidad obligada y otros viajes. El primer tipo de viajes incluye viajes al trabajo y a la escuela, viajes que están obligados a realizarse, prácticamente, todos los días. Por otro lado, existen otros tipos de viajes que tienen una frecuencia ocasional como compras, acompañar a alguien, realizar trámites, recreación, asistir a un evento religioso, entre otros. Además, se deben diferenciar según su relación al hogar, en viajes basados y no basados en el hogar (NHB; por sus siglas en inglés).

En la ZMCH y de acuerdo con los datos de telefonía celular, los viajes basados en el hogar componen el 76% con 22% por motivo trabajo y 54% por otros motivos. Los viajes no basados en el hogar (u otros no frecuentes) suman el restante 24%. El resumen de los viajes según la clasificación provista por los datos de telefonía celular se muestra en la siguiente tabla.



Tabla 34. Viajes en el área de estudio

Motivo	Porcentaje de viajes
Trabajo	22%
Escuela	54%
Otro (compras, acompañamiento, recreación, trámites, asistir a evento religiosos, etc)	
No basados en el hogar (NHB)	24%

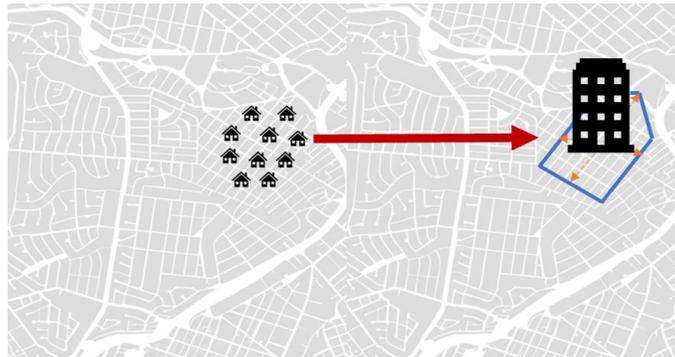
Fuente: Elaboración propia con información obtenida de telefonía móvil

Además de la motivación de los viajes, otra característica que distingue el comportamiento de los usuarios es el nivel socioeconómico que puede ser asociado a la tenencia vehicular. De acuerdo con la National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine los usuarios con acceso a modos privados de transporte tienden a generar un número mayor de viajes en promedio.

9.3 Zonificación

La modelación de transporte se apoya en un sistema de zonas diseñado para centralizar la actividad y agilizar el proceso de análisis. Estas zonas están configuradas por polígonos que abarcan toda el área de estudio, junto con centroides que representan los puntos de máxima concentración de actividad. Cada zona se conecta a la red vial a través de líneas que simbolizan la accesibilidad tanto para vehículos privados como para peatones, considerando también el acceso al transporte público.

Ilustración 67. Conceptualización de las Zonas de Análisis de Transporte



Fuente: Elaboración propia

El zonificar el área de estudio permite que el número de relaciones origen-destino sea minimizado y sean trabajadas en forma matricial. La matriz origen-destino es el principal resultado de las tres primeras etapas de la modelación de la demanda.



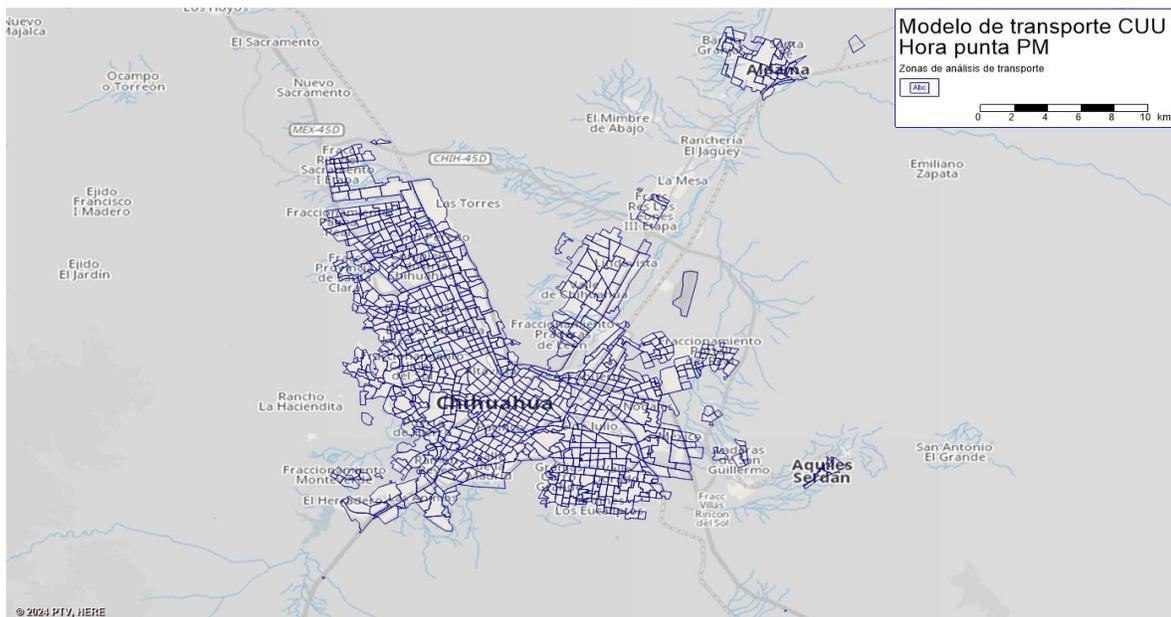
En el caso del modelo de la ZMCH, se ha adoptado una zonificación que consta de 980 zonas, de las cuales 976 son internas y 4 son zonas externas, utilizadas para representar viajes de paso o relaciones externas al área metropolitana. La distribución de las zonas por municipio se resume a continuación.

Tabla 35. Zonas por municipio

Municipio	Zonas
Chihuahua	927
Aldama	36
Aquiles Serdán	13
Externas	4
Total	980

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 68. Zonificación del área de estudio



Fuente: Elaboración propia obtenido de VISUM

9.4 Definición de la hora de modelación

Con base en los estudios de ingeniería de tránsito realizados en la ZMCH, particularmente en las estaciones maestras que se realizaron en vialidades de primer orden y primarias, se observó una hora de máxima demanda vespertina, entre 5 y 6 pm. Este comportamiento se presentó de la misma manera en los datos de movilidad obtenidos de telefonía móvil. Con la finalidad de



representar una situación crítica dentro de la zona de estudio, el modelo se realizó con los volúmenes vehiculares y de demanda entre las 5 y 6 pm.

La hora de modelación vespertina es particularmente relevante, ya que coincide con el horario en el que la mayoría de las personas regresan a casa después de la jornada laboral o escolar. Además, es importante tener en cuenta que el tráfico vehicular en este periodo puede verse afectado por actividades recreativas y de ocio que suelen tener lugar durante las horas de la tarde.

9.5 Segmentos de demanda

Los segmentos de demanda son una agrupación de individuos que presentan comportamientos similares en términos de movilidad. Además, segmentar a la población permite generar en cada etapa del proceso modelos específicos a fin de representar su comportamiento particular.

Si bien en la muestra observada de los datos de telefonía se cuentan con solo 3 grupos de viajes: trabajo, otros y no basados en el hogar, para la modelación de la demanda de transporte se definen segmentos de demanda adicionales. Los viajes por estudio se separaron de los viajes por otro motivo dado que al ser movilidad obligada presenta un comportamiento diferente. Lo anterior resulta en tres motivos de viajes: trabajo, estudio y otros, los cuales se clasifican según la tenencia vehicular del hogar. Por último se tiene un segmento para los viajes no basados en el hogar.

Dentro del modelo de transporte se realizan submodelos, uno de ellos es el modelo de producción y atracción de viajes. Para esta etapa de modelación se definen los segmentos de demanda que se mencionaron anteriormente: trabajo, estudio y otros y se calculan con base en parámetros y variables explicativas que se describen en el siguiente apartado. En cambio, la información provista por los datos de telefonía celular sirve como información de validación frente a los resultados que arroja el modelo.

Tabla 36. Segmentos de demanda para la modelación

Segmento	
Hogar con vehículo	Trabajo
	Estudio
	Otro
Hogar sin vehículo	Trabajo
	Estudio
	Otro
NHB	

Fuente: Elaboración propia



9.6 Modelo de producción y atracción de viajes

El objetivo en esta etapa de la modelación es determinar el número de viajes motorizados para cada segmento de demanda, es decir, para cada motivo de viaje clasificado según la tenencia vehicular del hogar al que pertenece el usuario.

La clasificación por tenencia vehicular permite, en etapas posteriores, acotar el uso del transporte privado a aquellos que tengan acceso a él. Además, es un indicador del nivel socioeconómico del usuario y que afecta en la toma de decisión sobre el destino y modo de viaje (National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2012).

Para la modelación de la producción de viajes, se estiman tasas de producción a partir de un conjunto de variables explicativas de los usuarios. En primer lugar, se estima la tasa de producción de viajes con motivo de trabajo en función del número de trabajadores clasificados según la tenencia vehicular del hogar. Para los viajes con motivo de estudio, la tasa se relaciona con el número de personas de entre 6 y 24 años clasificadas por la tenencia vehicular del hogar.

Los viajes por otros motivos consideran la población total clasificada por la tenencia vehicular del hogar. Finalmente, los viajes no basados en el hogar utilizan variables que normalmente se asocian con la atracción de viajes, como el número de empleos y estudiantes universitarios.

Tabla 37. Tasas de producción de viajes

Tasas de producción	Hogar con vehículo/motocicleta	Hogar sin vehículo/motocicleta
Trabajo (viajes/trabajador)	1.20	1.00
Estudio (viajes/6-24 años)	1.50	1.10
Otros (viajes/población)	0.33	0.21
	Empleo	Matrícula universitaria
NHB (viajes)	1.60	0.80

Fuente: Elaboración propia con información del Travel Demand Forecasting (National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2012)

Por otra parte, la atracción de viajes considera variables asociadas a la actividad económica de la zona como el empleo y la matrícula escolar. Los modelos de atracción incluyen, comúnmente, más de una variable explicativa por lo que se especifican como modelos lineales multivariados.

En la siguiente tabla se resumen los modelos de atracción para cada segmento de demanda considerados dentro de la modelación.



Tabla 38. Parámetros del modelo de atracción de viajes

Segmento		Hogares	Matrícula escolar	Empleo			
				Básico	Comercio	Servicios	Total
Hogar con vehículo	Trabajo						1.20
	Estudio		1.10				
	Otro	0.60		0.40	4.40	2.50	
Hogar sin vehículo	Trabajo						1.20
	Estudio		1.10				
	Otro	0.60		0.40	4.40	2.50	
NHB		0.60		0.70	1.60	1	

Fuente: Elaboración propia con información del Travel Demand Forecasting (National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2012)

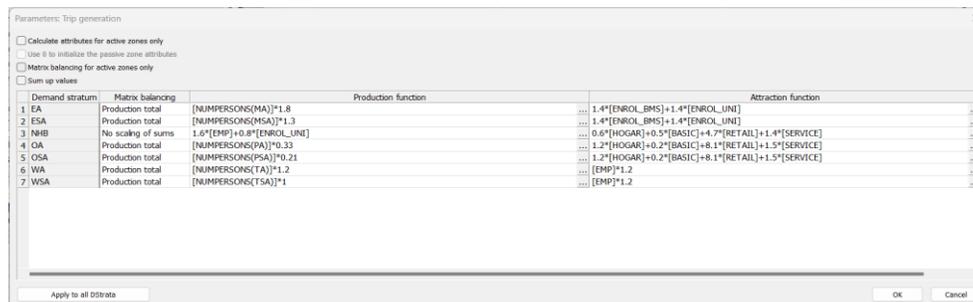
Una vez que se tienen especificados los modelos y zonificada el área de estudio, se aplica el modelo de producción y atracción de viajes a cada una de las zonas con base en las características sociodemográficas de cada una de ellas.

Las principales fuentes de información empleadas en esta etapa son:

- Censo de población y vivienda 2020.
- Proyecciones de población en los municipios de México.
- Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2023.
- Anuarios Estadísticos de Educación Superior 2022–2023.
- Censo de escuelas, maestros y alumnos de educación básica y especial.
- Sistema de Información y Gestión Educativa, SEP.

El proceso de modelación se realiza dentro del software PTV VISUM mediante el procedimiento denominado Trip Generation Model en donde se definen las tasas de producción y modelos lineales de atracción de viajes.

Ilustración 69. Procedimiento de generación de viajes en VISUM



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM



Como se mencionó anteriormente, con base en datos de telefonía móvil analizados, la modelación de la producción y atracción de viajes resulta en alrededor de 2 millones de viajes motorizados al día, de los cuales, el 27% son viajes por motivo trabajo, 38% por motivo estudio y 15% de viajes por otros motivos. El 20% restante de viajes corresponde a la movilidad no basada en el hogar. Cabe destacar que se modelan viajes motorizados por lo que la proporción de viajes varía a lo arrojado por los datos de telefonía que engloba viajes motorizados y no motorizados.

El resumen de producción de viajes para cada segmento de demanda se muestra a continuación.

Tabla 39. Viajes modelados

Segmento	Hogar con vehículo	Hogar sin vehículo	Total	Porcentaje
Trabajo	404,226.00	131,780.00	536,006.00	27%
Estudio	596,309.40	165,132.50	761,441.90	38%
Otro	238,959.60	60,542.82	299,502.42	15%
NHB			409,213.60	20%

Fuente: Elaboración propia

Visto de forma matricial, en esta primera etapa se obtiene la suma de las filas y columnas, producciones y atracciones, para cada una de las zonas y para cada segmento de demanda.

Ilustración 70. Representación matricial de la etapa de producción y atracción de viajes

Desde / Hacia	1	2	3	4	5	6	Producción
1							P1
2							P2
3							P3
4							P4
5							P5
6							P6
Atracción	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Total de viajes

Fuente: Elaboración propia

9.7 Relaciones de movilidad

Las relaciones de movilidad en la ciudad son representadas como pares de orígenes y destinos entre zonas que actúan como productoras y atractoras de viajes. La distribución de estos desplazamientos puede ser explicada por las decisiones de los viajeros, quienes buscan minimizar tanto los tiempos como los costos de sus trayectos, cumpliendo con ciertas condiciones específicas.

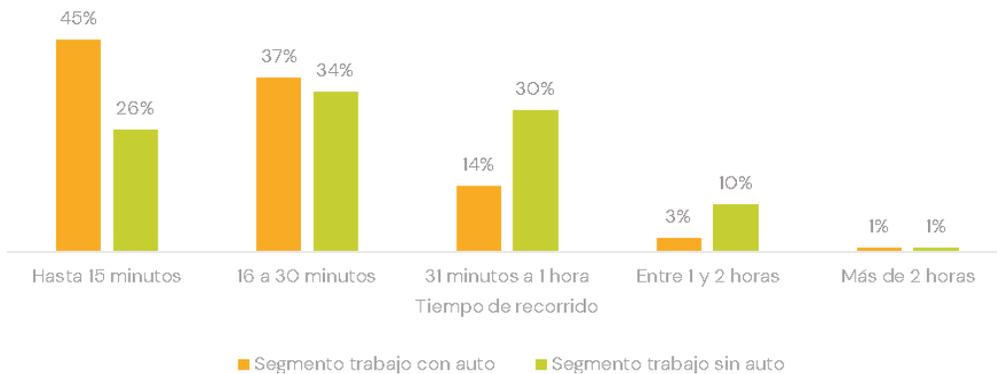


La movilidad obligada se ve influenciada por la ubicación de zonas de empleo y centros educativos, como universidades o grandes colegios. En contraste, la movilidad no obligada exhibe una mayor flexibilidad, y los individuos buscan la alternativa óptima en términos de tiempo y costo.

En entornos urbanos, la distribución de los viajes se explica principalmente por la longitud del trayecto, ya sea en términos de tiempo o distancia. En el censo de población y vivienda del 2020, como parte del cuestionario ampliado, se recolectó información relativa a los tiempos de viaje para la movilidad obligada, especialmente en relación con el trabajo y el estudio.

La movilidad laboral presenta un recorrido promedio de 22 minutos para personas provenientes de hogares con vehículo o motocicleta. Por el contrario, los hogares sin vehículo privado tienen un recorrido mayor (33 minutos en promedio).

Ilustración 71. Distribución de longitud de viajes por trabajo

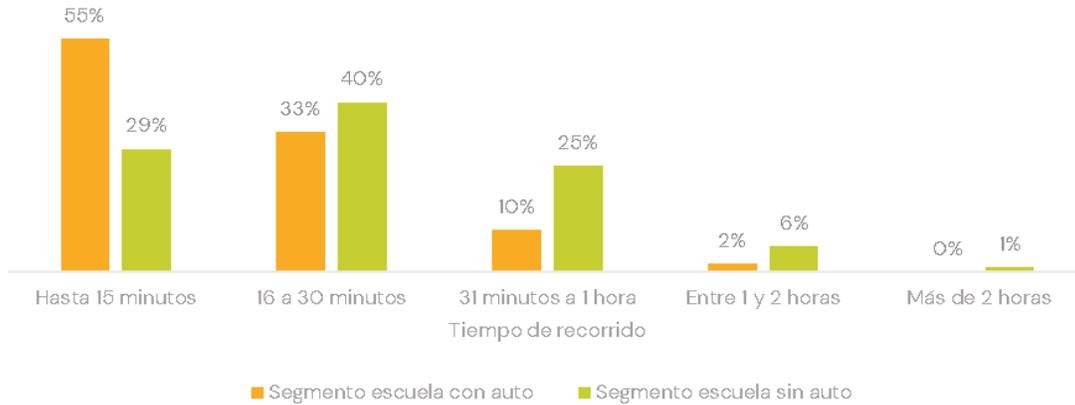


Fuente: Elaboración propia con información del cuestionario ampliado del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020)

Los viajes que realizan los estudiantes para asistir a su centro educativo tienen un recorrido promedio de 18 minutos para hogares con vehículo y 28 minutos para hogares sin acceso a un vehículo privado.



Ilustración 72. Distribución de longitud de viajes por estudio



Fuente: Elaboración propia con información del cuestionario ampliado del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2020)

Los segmentos de otros tipos de viajes y viajes no basados en el hogar presentan recorridos promedio de 18 minutos de acuerdo con cifras de referencia para ciudades orientadas al vehículo y de aproximadamente 1 millón de habitantes (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2012).

9.8 Modelo de distribución de viajes

Una vez determinado el número de viajes que se produce y atrae en cada zona y para cada segmento de demanda se determinará la distribución espacial de los viajes, es decir, se determinan cuántos viajes se desplazan entre cada una de estas zonas.

Los modelos de distribución de viajes son modelos analíticos basados en un símil de la teoría de la gravitación universal aplicado a la relación entre los pares origen-destino. La teoría de gravitación universal indica que la atracción entre dos cuerpos es proporcional a la masa e inversamente proporcional a la distancia que las separa. En el sistema de movilidad la masa corresponde a la cantidad de viajes producidos en el origen y la cantidad de viajes atraídos en el destino. De igual forma la distancia es una relación inversamente proporcional, sin embargo, se emplea una función de costo que incluye tanto los tiempos de viaje, como su costo asociado.

La forma del modelo gravitacional resulta ser la siguiente.

$$T_{ij} = A * O_i * B * D_j * f(c_{ij})$$

Donde:

T_{ij} son los viajes entre la zona de origen i y destino j .
 A y B son factores de calibración.



O_i son los viajes producidos en el origen i.

D_j son los viajes atraídos en el destino j.

F(c_{ij}) es la función de costo entre el origen i y destino j.

La función de costo puede ser de 3 tipos: exponencial, potencial y combinada. Las funciones se parametrizan en función de β o γ como se muestra a continuación.

$$f(c) = e^{-\beta * c_{ij}}$$

$$f(c) = c_{ij}^{-\beta}$$

$$f(c) = c_{ij}^{-\beta} * e^{-\gamma * c_{ij}}$$

El costo empleado para la distribución de viajes es el tiempo de recorrido entre cada par origen-destino aplicado a una función exponencial.

El modelo de distribución de viajes resulta entonces en calibrar los parámetros desconocidos A, B del modelo gravitacional y β, γ de la función de costos. Los primeros, A y B, se obtienen mediante el balanceo de la matriz usando el método Furness, método integrado en el procedimiento de VISUM. Los segundos parámetros deben ajustarse de tal forma que la longitud de viaje represente los movimientos observados y aforos realizados. Como resultado del proceso de calibración se obtuvieron los siguientes parámetros.

Tabla 40. Parámetros calibrados del modelo de distribución de viajes

Motivo	Segmento	Función	β	Restricción
Trabajo	Hogar con vehículo	Exponencial	-0.015	Doble
Trabajo	Hogar sin vehículo	Exponencial	-0.081	Doble
Estudio	Hogar con vehículo	Exponencial	-0.137	Doble
Estudio	Hogar sin vehículo	Exponencial	-0.116	Doble
Otro	Hogar con vehículo	Exponencial	-0.15	Producción
Otro	Hogar sin vehículo	Exponencial	-0.064	Producción
NHB		Exponencial	-0.187	

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM

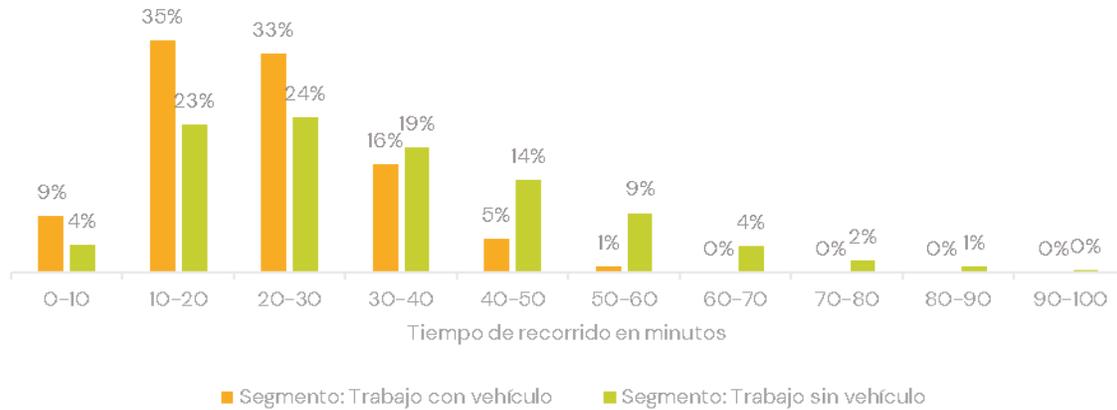
9.8.1 Viajes por motivo de trabajo

Los viajes por motivo de trabajo de hogares con vehículo se concentran desde y hacia la zona centro y a lo largo del corredor Periférico de la Juventud, zona de alta actividad económica y con presencia de centros de negocios como se observa en la Ilustración 74. En tanto, los viajes por trabajo de hogares sin vehículo predominan hacia las zonas industriales, la zona centro y zonas



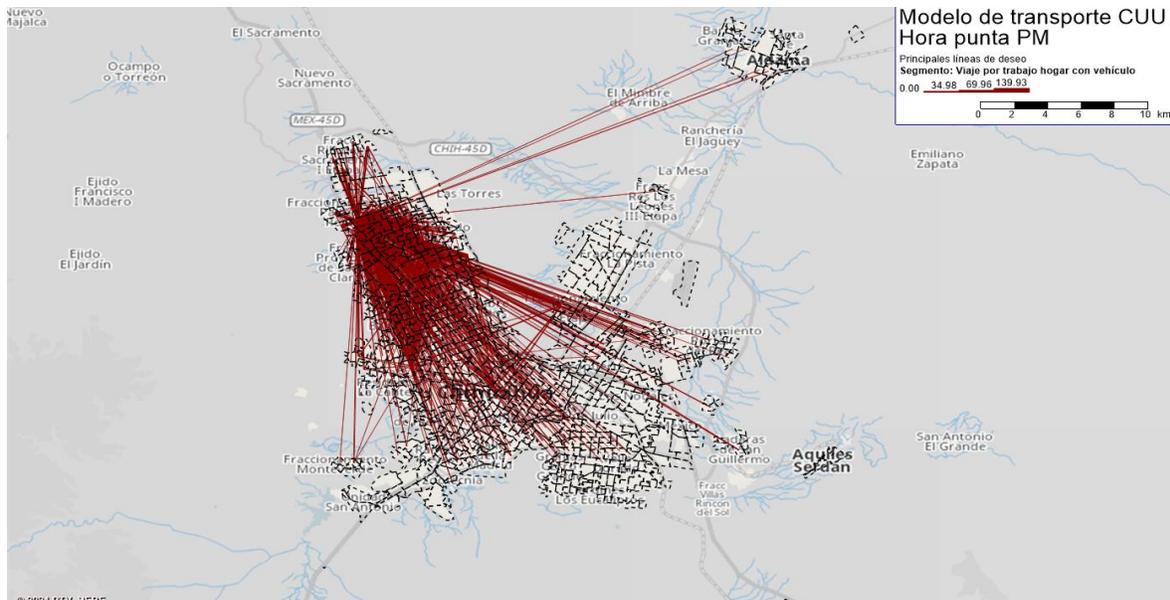
de alta actividad comercial. Estos viajes al originarse en las periferias presentan mayores recorridos (Ilustración 75).

Ilustración 73. Distribución calibrada de viajes por trabajo



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM

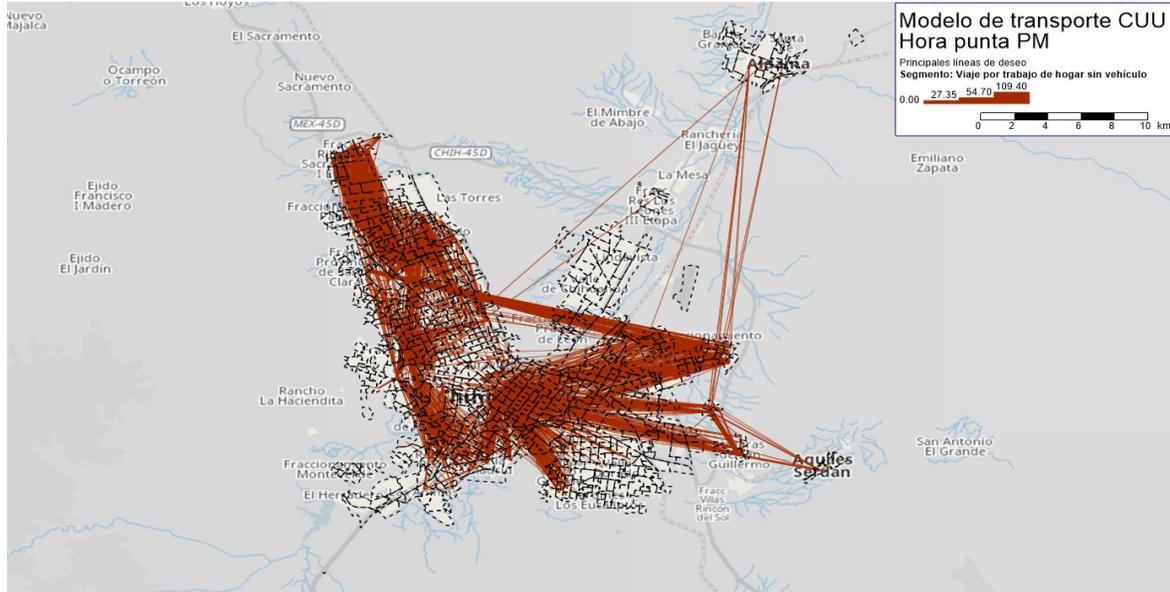
Ilustración 74. Principales relaciones de viajes por trabajo de hogar con vehículo



Fuente: Elaboración propia obtenido de VISUM



Ilustración 75. Principales relaciones de viajes por trabajo de hogar sin vehículo

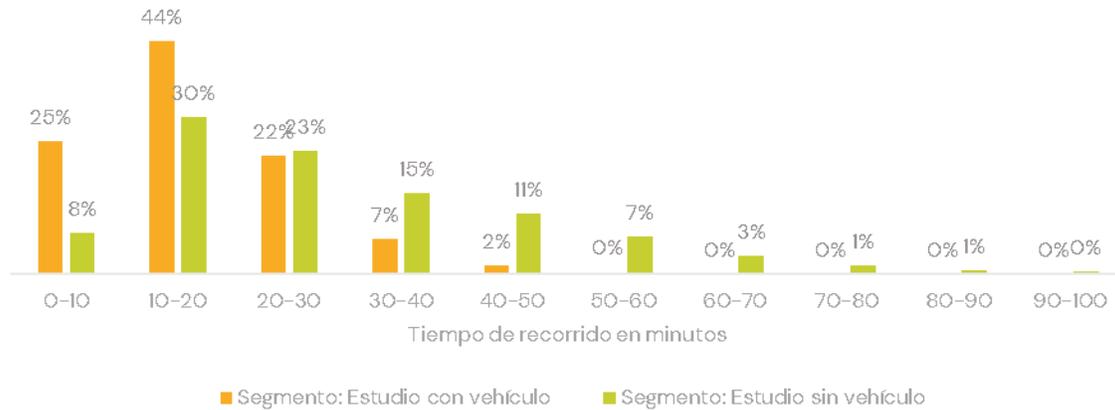


Fuente: Elaboración propia obtenido de VISUM

9.8.2 Viajes con motivo de estudio

Por otra parte, los viajes motorizados por motivo estudio tienen relación con las zonas de concentración de centros educativos y, en mayor medida, en zonas de centros de educación media superior y superior. Cabe señalar que los viajes de hogares sin vehículos se concentran hacia los mismos grandes atractores, sin embargo, provienen de las periferias, lo que se traduce en mayores recorridos.

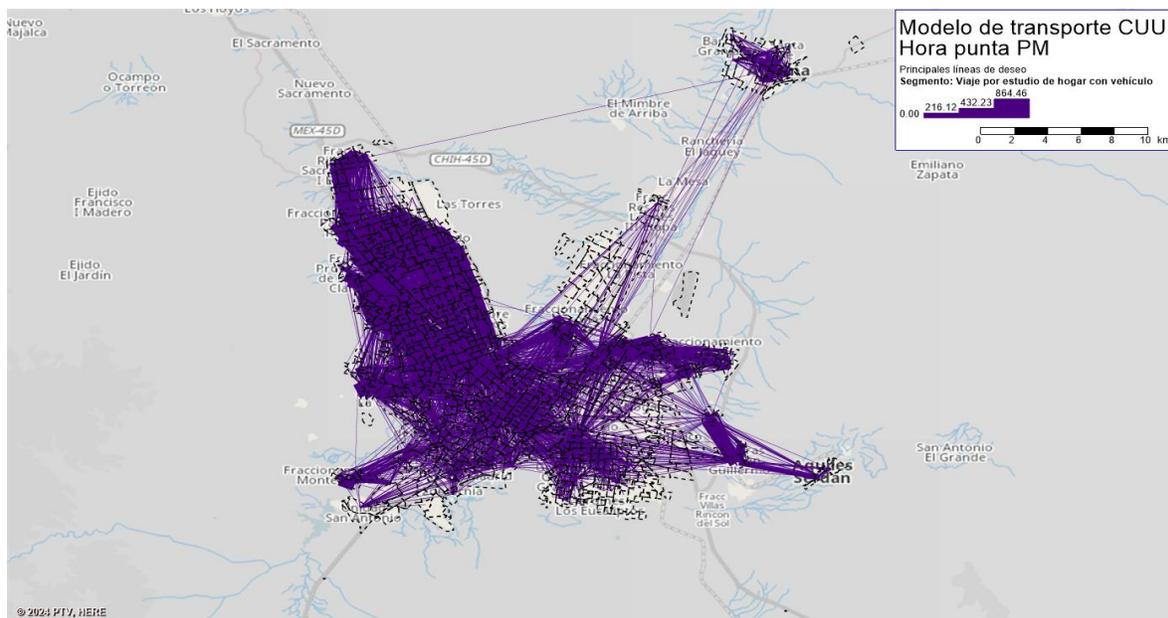
Ilustración 76. Distribución calibrada de viajes por estudio



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM

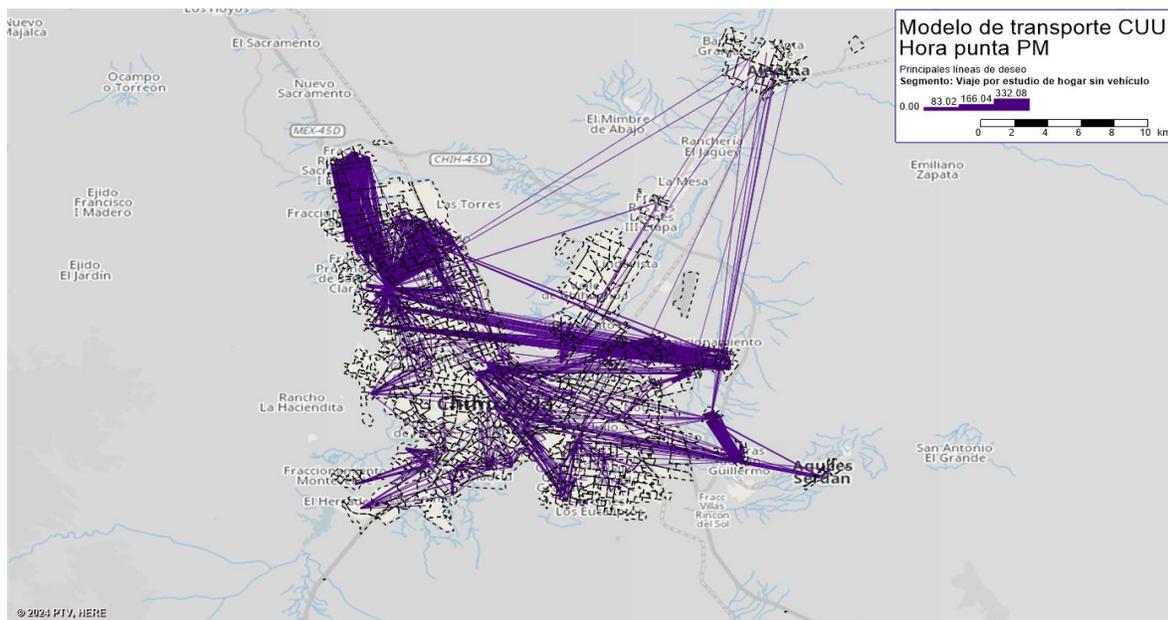


Ilustración 77. Principales relaciones de viajes por estudio con vehículo



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

Ilustración 78. Principales relaciones de viajes por estudio sin vehículo



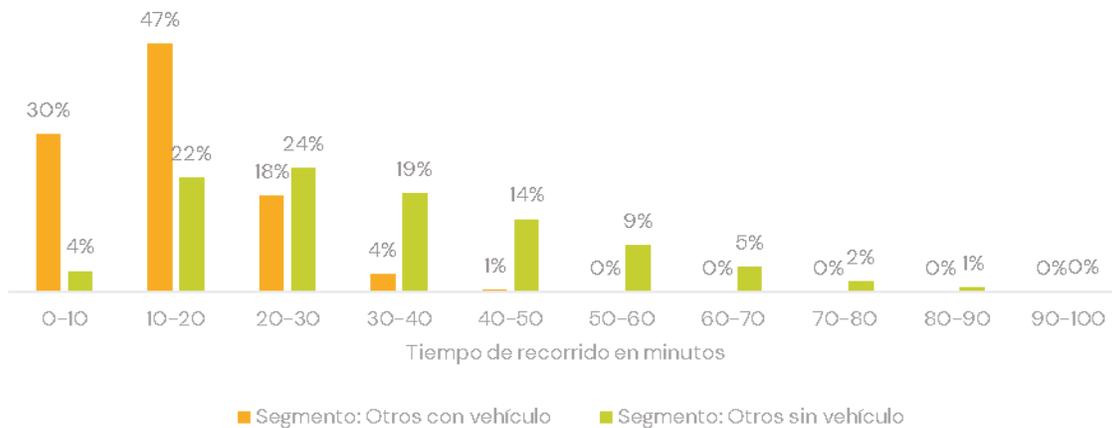
Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM



9.8.3 Viajes por otros motivos

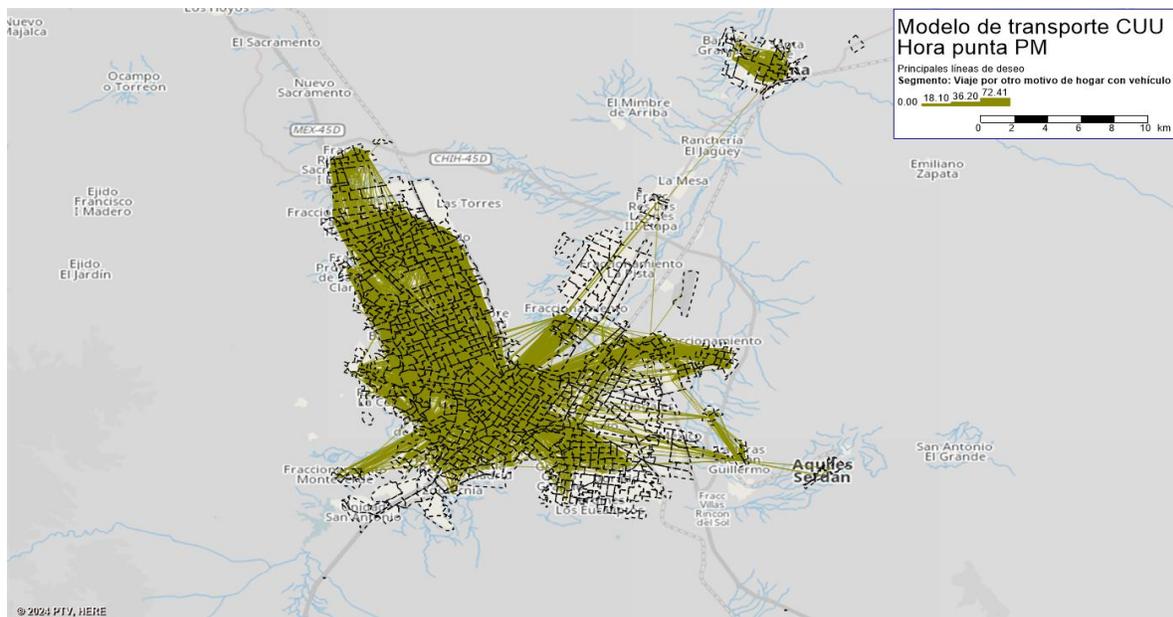
Los viajes por otros motivos se concentran principalmente en la zona centro, a lo largo del corredor comercial del Periférico de la Juventud y las zonas de centros comerciales al norte de la ciudad. En hogares sin vehículos los trayectos se alargan e incluso se presenta mayor relación entre el nororiente y el municipio de Aldama.

Ilustración 79. Distribución calibrada de viajes por otros motivos



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM

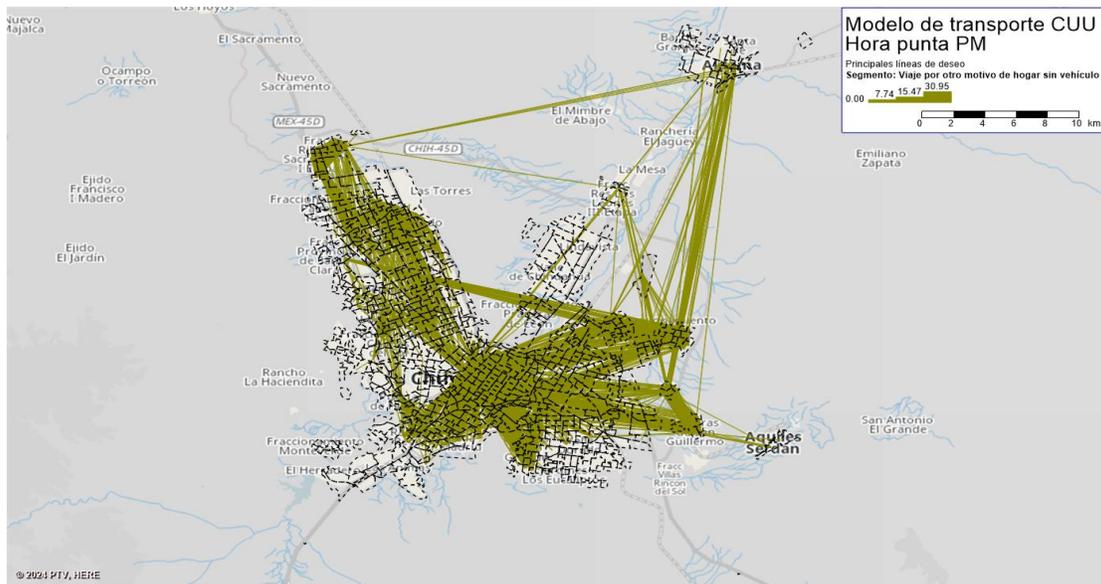
Ilustración 80. Principales relaciones de viajes por otros motivos con vehículo



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM



Ilustración 81. Principales relaciones de viajes por otros motivos sin vehículo

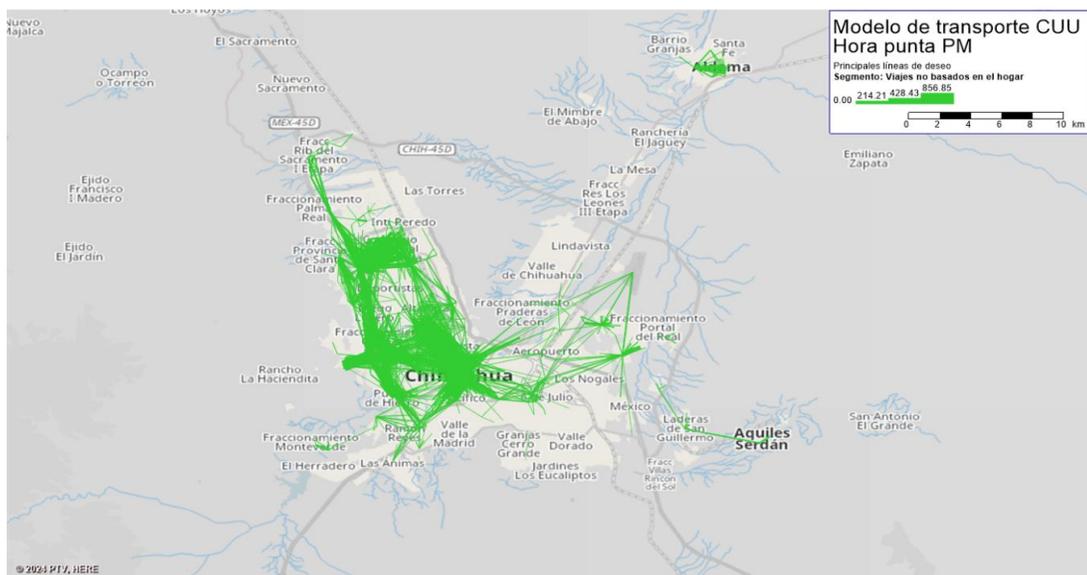


Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

9.8.4 Viajes no basados en el hogar

Los viajes no basados en el hogar tienen la característica de ser viajes de corta distancia. Sus principales relaciones son entre zonas de alta actividad económica, por ejemplo, en la zona norte se concentran entre la zona industrial y la zona comercial.

Ilustración 82. Principales relaciones de viajes no basados en el hogar



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM



Ilustración 83. Distribución calibrada de viajes no basados en el hogar



■ Segmento: No basados en el hogar
 Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM

9.8.5 Validación

La comparativa entre la longitud promedio de viaje modelada y la observada se resume en la siguiente tabla.

Tabla 41. Validación modelo de distribución con tiempos de viaje en minutos

Segmento		Tiempos de viaje (min)	
		Observado	Modelo
Con vehículo	Trabajo	20	24
Sin vehículo	Trabajo	33	42
Con vehículo	Escuela	18	20
Sin vehículo	Escuela	28	38
Con vehículo	Otro	18	17
Sin vehículo	Otro	28	41
NHB		15	18

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM vs datos obtenidos en campo

Es importante señalar que los datos de validación provienen del Censo 2020 en donde sólo se reporta información del tiempo de viaje usual, es decir, estos tiempos pueden estar asociados a cualquier periodo del día. En este caso, al modelar el periodo punta, se espera que los tiempos sean superiores a lo reportado en el censo. Además, la distribución de los viajes se valida en conjunto con los resultados de las etapas posteriores de validación.

9.9 Elección del modo de transporte

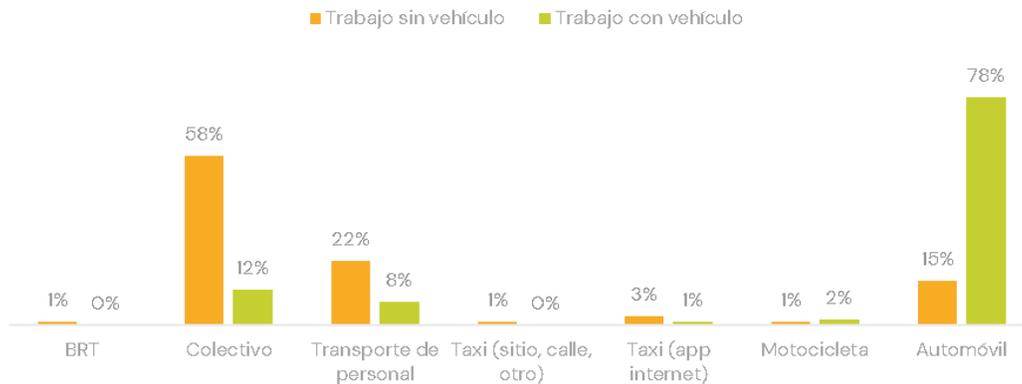
Una vez que las personas viajeras han determinado el destino de su viaje se enfrentan a la elección del modo de transporte mediante el cual llevarán a cabo su viaje cotidiano. La elección del modo de transporte involucra diversos factores, el principal es la disponibilidad de los modos



de transporte. Otros factores conciernen al motivo de viaje y a las características sociodemográficas del usuario.

De acuerdo con datos de movilidad cotidiana recolectada en el cuestionario ampliado del Censo 2020 de INEGI, los trabajadores con vehículo privado los usan en 78% de los viajes, 12% son en transporte público, 8% en transporte laboral y el restante en taxi. Por otro lado, los trabajadores sin vehículo privado se transportan principalmente en transporte público (58%) y en transporte de personal (22%) y 15% como acompañante en vehículo. El restante se transporta mediante taxis y taxis por aplicativo.

Ilustración 84. Reparto modal de viajes por trabajo ponderado por segmento de demanda



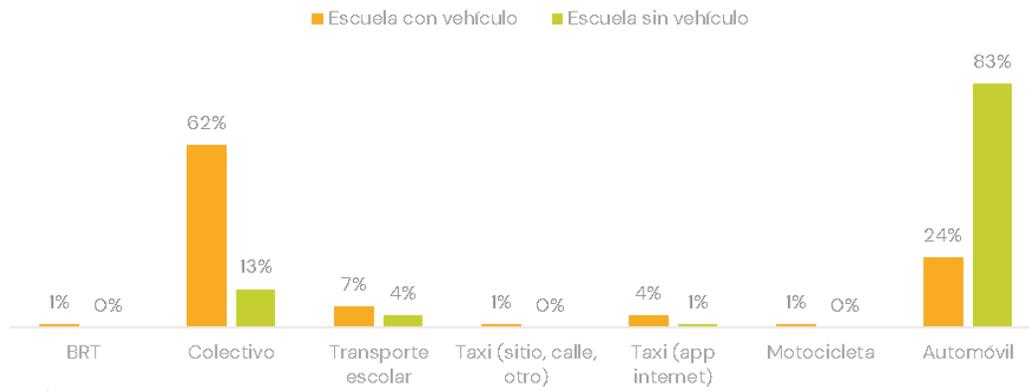
Fuente: ¹Puede no sumar 100% por el redondeo. Elaboración propia con información del cuestionario ampliado del censo de población y vivienda, (INEGI, 2020)

Los estudiantes con acceso a vehículo privado lo emplean en el 83% de los casos, seguido de 13% de uso de transporte público, 4% de transporte escolar y el restante se desplazan en taxi. En contraparte, los estudiantes sin vehículo privado emplean el colectivo predominantemente y BRT (63%), le sigue el uso de vehículo privado como acompañante con 24% del reparto, el 7% usa transporte escolar y el restante 5% usa taxi o taxi por aplicación³.

³ Puede no sumar 100% por el redondeo



Ilustración 85. Reparto modal de viajes por estudio por segmento de demanda



Fuente: ¹ Puede no sumar 100% por el redondeo. Elaboración propia con información del cuestionario ampliado del censo de población y vivienda, (INEGI, 2020)

9.9.1 Modelación de la elección modal

El modelo de reparto modal comúnmente empleado es del tipo logit multinomial, el cual calcula la probabilidad de los viajeros de utilizar un tipo de transporte en específico entre un conjunto de alternativas. Estos modelos son de la siguiente forma.

$$P_m = \frac{e^{-cV_{ij}}}{\sum_{m=1}^n e^{-cV_{ij}}}$$

P_m , es la probabilidad de elegir el modo de transporte m .

V_{ij} , es la utilidad entre las zonas $i - j$ para el modo m .

La base del modelo logit multinomial es la teoría de la utilidad aleatoria que indica que los usuarios escogerán la alternativa que les reporte los mayores beneficios o el menor gasto (desutilidad), v_{ij} .

Por ejemplo, si un viaje tarda 20 minutos con el modo A y 40 minutos con el modo B, sin tomar en cuenta ningún atributo adicional, la mejor alternativa resulta ser la A.

Sin embargo, si se considera un costo monetario de 20 UM⁴ para la alternativa A y 10 UM para la alternativa B, decidir la mejor alternativa resulta complicado ya que la A toma la mitad de tiempo,

⁴ Unidades Monetarias



pero es el doble de cara que la alternativa B. Para resolver estas disyuntivas resulta necesario definir ponderadores para determinar cuánto afecta cada atributo en la toma de decisión.

Entonces la (des)utilidad se conforma de una serie de atributos multiplicados por un parámetro θ . Además, hay información que no se puede observar y afecta a la toma de decisión por lo que se define una constante específica para cada alternativa, d

$$V_{ij} = \theta * t_{cur} + \theta * costo + d$$

El modelo de elección discreta para la zona metropolitana de Chihuahua considera 4 principales modos de viajes:

- Vehículo privado.
- Transporte público.
- Transporte laboral.
- Transporte escolar.

De acuerdo con las recomendaciones del Travel Demand Forecasting, es posible transferir los parámetros de ciudades que cuentan con modelos estimados a nuevas zonas de estudio a fin de reducir la necesidad de información. Cabe destacar que los parámetros deben ajustarse a las condiciones locales mediante el proceso de calibración. En ese sentido, se aplicaron los siguientes parámetros:

Tabla 42. Parámetros del modelo de elección modal

Atributo	Hogar con vehículo			Hogar sin vehículo			NHB
	Trabajo	Escuela	Otros	Trabajo	Escuela	Otros	
Tiempo en vehículo, min	-0.021	-0.007	-0.007	-0.019	-0.011	-0.011	-0.026
Costo, c de USD	-0.0031	-0.005	-0.005	-0.0072	-0.033	-0.033	-0.008
Tiempo de caminata, min	-0.054	-0.017	-0.005	-0.058	-0.066	-0.066	-0.065
Tiempo de espera, min	-0.098	-0.017	-0.017	-0.081	-0.061	-0.061	-0.065
Valor del tiempo (\$/h)	69.10	14.28	14.28	26.92	3.40	3.40	33.15

Fuente: Elaboración propia con información del Travel Demand Forecasting (National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2012)

Las constantes específicas de cada modo de transporte no se transfieren por lo que se deben ajustar manualmente hasta representar adecuadamente el reparto modal en el área de estudio. Las constantes específicas, d , calibradas se resumen en la Tabla 9.

Tabla 43. Constantes específicas el modelo de reparto modal, d



Segmento		Vehículo privado	Público	Transporte de personal	Escolar
Con vehículo	Trabajo	Base	-2.40	-3.50	-
Sin vehículo	Trabajo	-0.50	Base	-2.00	-
Con vehículo	Escuela	Base	-3.20	-	-6.22
Sin vehículo	Escuela	-3.20	Base	-	-12.00
Con vehículo	Otro	Base	-3.50	-	-
Sin vehículo	Otro	4.50	Base	-	-
NHB		Base	-0.55	-	-

Fuente: Elaboración propia con información del Travel Demand Forecasting (National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2012)

9.10 Modelo externo

Además de la movilidad cotidiana interna, es importante considerar los desplazamientos que tienen origen fuera del área de estudio y aquellos que, aunque se originen dentro de ella, tienen un destino exterior a la misma.

La producción y atracción de estos viajes están vinculadas a los volúmenes vehiculares observados en las estaciones maestras, y, al interior de la ZMCH, a la población con vehículo privado y empleo.

Tabla 44. Aforos externos en hora punta PM

Zona externa	Vehículos entrando	Vehículos saliendo
Sacramento	1,750	1,770
Ojinaga	167	180
Delicias	464	511
Cuahtémoc	377	377

Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida en campo

De los viajes totales externos, el 10% corresponde a los viajes externos-externos, también conocidos como "viajes de paso", mientras que el 90% restante se distribuye entre los viajes externo-internos e internos-externos (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2012).

Para la modelación de los viajes externos al área de estudio se definen 3 segmentos de demanda:

- Viajes externo-externo.
- Viajes internos -externos.
- Viajes externos-internos.



La distribución de estos viajes se realiza mediante un modelo gravitacional, utilizando los parámetros resultantes de la calibración. A continuación se detallan los parámetros del modelo de distribución para viajes externos:

Tabla 45. Modelo de distribución para viajes externos

Segmento	Función	Parámetro, β
Externo-externo	Exponencial	-0.005
Externo-interno	Exponencial	-0.08
Interno-externo	Exponencial	-0.03

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM

Es importante destacar que los viajes externos únicamente contemplan desplazamientos en vehículo privado, por lo que no se requiere un modelo de reparto modal.

9.11 Transporte de mercancías

La movilidad cotidiana comparte su espacio con el transporte urbano de mercancías. Aunque el número de viajes de este último no es comparable con la movilidad personal, su impacto en la saturación de las vías es considerable y debe ser considerado para una representación adecuada del sistema vial.

La modelación de la demanda de mercancías implica sus propias etapas de generación y distribución de viajes. En este caso, el reparto modal no se incluye, ya que las tasas de producción están asociadas al número de viajes de vehículos pesados. La forma funcional de los modelos resulta como se muestra a continuación

$$\text{Viajes producidos/atraídos de carga} = \sum_{i=1}^{n-\text{variables}} b_i * \text{variable}_i$$

El modelo de producción y atracción contempla las siguientes variables:

Tabla 46. Modelo de producción y atracción de transporte de mercancías

Variable		Parámetro del modelo de producción, b_i	Parámetro del modelo de atracción, b_i
Hogares	Hogar	0.0163	0.0283
Empleo	Agricultura	0.0404	0.2081
	Minería	0.0404	2.00
	Construcción	0.0453	0.0644
	Comercio al por menor	0.0744	0.009



Variable		Parámetro del modelo de producción, b_1	Parámetro del modelo de atracción, b_1
	Educación/Gobierno	0.0135	0.0118
	Finanzas	0.0197	0.0276
	Manufactura	0.039	10.00
	Transporte/Equipamiento	0.0944	0.0733
	Comercio al mayoreo	0.1159	0.0258

Fuente: Elaboración propia con información del Travel Demand Forecasting (National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2012)

La forma funcional de los modelos resulta como se muestra a continuación

$$\text{Viajes de carga} = 0.0163 * \text{hogares} + 0.0404 * \text{Empleo}_{\text{agricultura}} + 0.0404 * \text{Empleo}_{\text{minería}} + 0.0453 * \text{Empleo}_{\text{construcción}} + 0.0404 * \text{Empleo}_{\text{agricultura}}$$

La modelación de la carga distingue cuatro principales segmentos:

- Externa-externa.
- Interna-externa.
- Externa-interna.
- Interna al área de estudio.

Los segmentos externos asocian la producción o atracción, según sea el caso, a los conteos vehiculares en las estaciones externas. De igual forma se distribuyen los viajes mediante un modelo gravitacional con los parámetros siguientes.

Tabla 47. Modelo de distribución de transporte de mercancías

Segmento	Función	Parámetro
Carga externa-externa	Exponencial	-0.005
Carga externa-interna	Exponencial	-0.01
Carga interna-externa	Exponencial	-0.01
Carga interna	Exponencial	-0.01

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM

9.12 Oferta del transporte

Hasta este punto se tienen los tres primeros submodelos del modelo estándar de 4 etapas correspondientes a la demanda del transporte, es decir, el número de viajes en un día promedio,



los orígenes y destinos, así como los modos de transporte que se emplean. Además, de los viajes del transporte de mercancía que comparte el uso de la infraestructura.

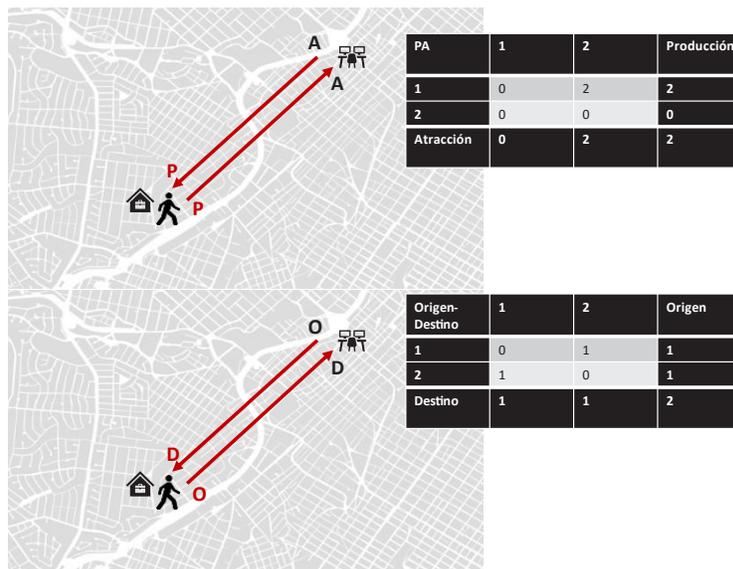
El resultado del modelo de demanda es un conjunto de matrices origen-destino para cada segmento de demanda definido y para cada modo de transporte disponible. Estas matrices representan la demanda diaria en viajes-persona y tienen la particularidad de estar en formato producción-atracción.

El lado de la oferta de transporte corresponde a toda la infraestructura disponible para satisfacer la demanda de la movilidad diaria. La infraestructura incluye la red vial, los sistemas de transporte público, los servicios de transporte de alquiler, la red peatonal y ciclista de la ciudad.

Para el modelo de interacción oferta-demanda, se requieren matrices en formato origen-destino específicas para la hora de máxima demanda. Además, en el caso de la asignación de vehículos, es necesario transformar la matriz de viajes por persona a viajes por vehículo, utilizando factores de ocupación adecuados.

Por otro lado, el transporte público requiere una matriz de viajes por persona en formato origen-destino. Como se ilustra en la imagen siguiente, este formato toma en cuenta la dirección del viaje, es decir, los desplazamientos tal como se realizan. Desde una perspectiva matricial, la principal diferencia radica en la simetría de la matriz, que refleja los viajes de ida y vuelta.

Ilustración 86. Comparativa entre formato producción-atracción y origen-destino



Fuente: Elaboración propia



La transformación del formato de producción-atracción a origen-destino se logra multiplicando la matriz de viajes por un factor de ida y la transpuesta de la misma matriz por el factor correspondiente de vuelta. Además, se incorpora el factor de hora punta según el tipo de motivo de viaje y el modo de transporte.

En la siguiente tabla se resumen los factores utilizados para la hora punta de la tarde:

Tabla 48. Factores horarios y de direccionalidad

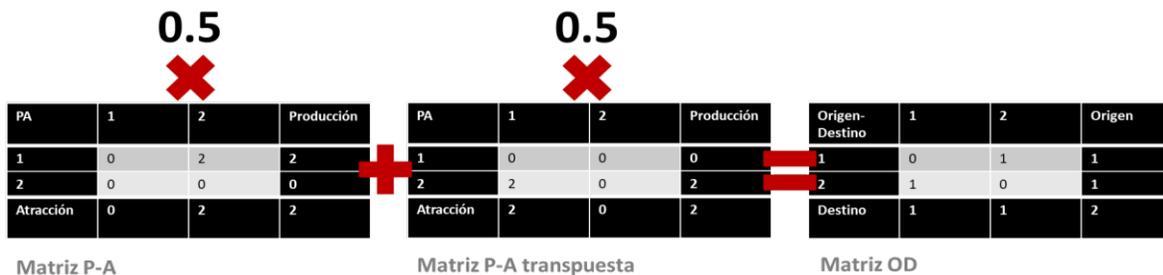
Modo	Trabajo		Escuela		Otro		NHB	Todos los motivos
	Ida	Vuelta	Ida	Vuelta	Ida	Vuelta		
Vehículo y transporte laboral-escolar	1.00%	8.90%	1.00%	4.50%	3.30%	4.90%	8.40%	8.40%
Transporte público	0.40%	10.80%	0.80%	4.50%	2.10%	5.00%	8.00%	8.30%

Fuente: Elaboración propia con información del Travel Demand Forecasting (National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2012)

De la tabla anterior se identifica que tanto para el vehículo privado como para el transporte público se realizan cerca de el 8.4% de los viajes en hora punta de la tarde. En este periodo la movilidad obligada, trabajo y estudio, se ve dominada por los viajes de vuelta al hogar. Por otro lado, en los viajes por otro motivo, si bien siguen dominando los viajes de vuelta al hogar, la participación de los viajes desde el hogar es significativa. Por último, los viajes no basados en el hogar presentan un pico al ser viajes que se dan, principalmente, después de terminada la jornada laboral o escolar.

El proceso de conversión de la matriz en formato Producción-Atracción a formato Origen-Destino se ejemplifica a continuación.

Ilustración 87. Transformación de formato Producción-Atracción a Origen-Destino



Fuente: Elaboración propia

La matriz origen-destino para vehículo privado debe convertirse a una matriz de vehículos mediante factores de ocupación. Esta transformación es necesaria dado que el modelo de asignación de vehículo privado considera vehículos en la red, no personas. Los factores de



ocupación empleados para cada segmento de demanda en hora punta de la tarde son los siguientes.

Tabla 49. Factores de ocupación de vehículo privado

Segmento	Factor de ocupación
Trabajo	1.10
Estudio	1.10
Otro	1.20
No basado en el hogar	1.20

Fuente: Elaboración propia con información del Travel Demand Forecasting (National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2012)

9.12.1 Modelo de asignación de transporte privado

El transporte privado incluye al vehículo y transporte de alquiler, taxi y taxis por aplicación. Si bien el transporte de alquiler es un transporte público su comportamiento dentro de la red vial se asemeja más al vehículo privado que al transporte público en ruta.

Los modelos de asignación parten del hecho que las personas elegirán la ruta más corta para llegar a su destino. Los primeros modelos de asignación definidos son los denominados Todo o Nada, los cuales mandan toda la demanda de vehículos a la ruta más corta entre los pares origen-destino.

La ruta más corta es la opción preferida de los usuarios, sin embargo, ésta es dinámica dado que entra en juego los niveles de congestión sobre las vías. Este hecho hace que dentro de un mismo periodo de tiempo (1 hora) se tengan distintas rutas más cortas por lo que se debe modelar este proceso. A partir de aquí surgen los modelos de asignación con congestión que se ayudan de funciones flujo-demora a fin de representar el aumento de los tiempos de recorrido dado el aumento del flujo vehicular.

Los modelos incrementales son uno de los modelos que consideran la congestión y que parten de la asignación todo o nada. En primer lugar, asignan un porcentaje de la demanda a la ruta más corta según los tiempos de viaje a flujo libre, después actualizan los tiempos de recorrido conforme a los flujos asignados y se procede a asignar el siguiente lote de demanda a la ruta más corta según los tiempos actualizados y así hasta acabar de asignar la demanda total de vehículos.

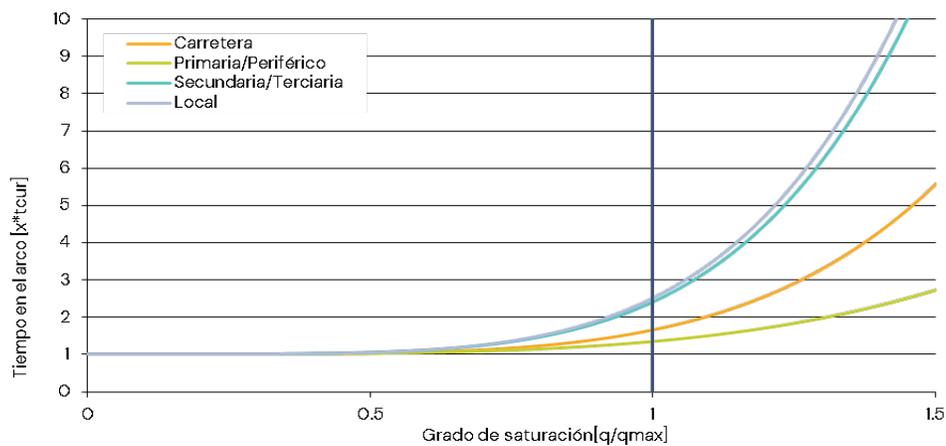


La última familia de modelos incorpora los conceptos anteriores y busca que la solución sea cercana al punto de equilibrio del sistema. El equilibrio se conceptualiza de tal forma que los usuarios eligen la mejor ruta disponible y que no existe una mejor alternativa, es decir, si cambian de ruta no disminuyen su tiempo de viaje.

9.12.1.1 Función flujo demora

La función flujo demora es una expresión matemática que relaciona el grado de saturación y el tiempo de viaje sobre un arco de la red. Existen diversas expresiones, de las cuales la BPR (Bureau of Public Roads) es la más empleada. Al ser una función pensada para ciudades americanas se determina adecuada transferirla al área de estudio debido al alto nivel de uso de vehículo privado que se tiene. Se definen 4 funciones para las distintas categorías de la vía como se ilustra a continuación.

Ilustración 88. Funciones flujo-demora empleadas



Fuente: Elaboración propia

9.12.1.2 Asignación

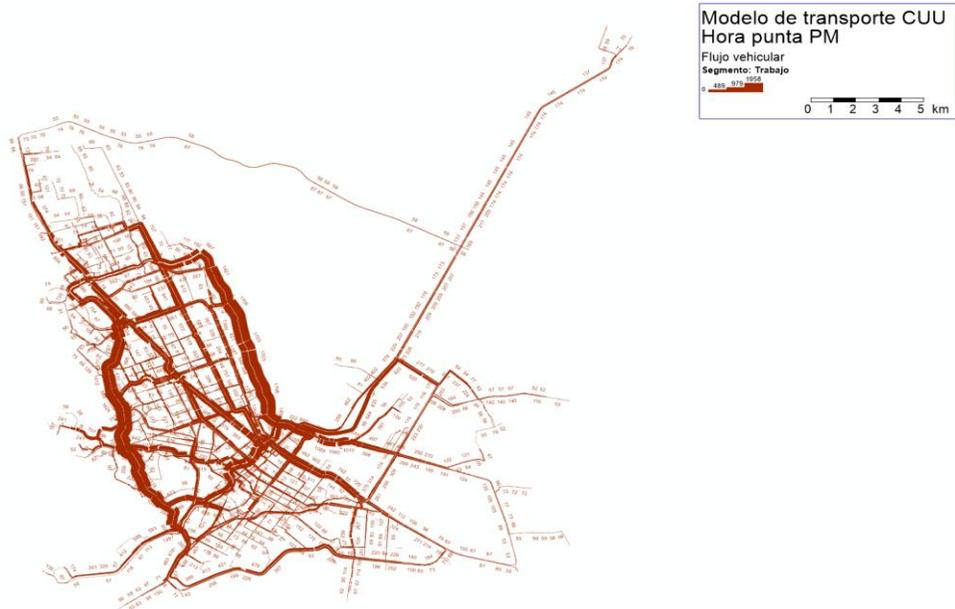
El modelo de asignación utilizado toma en cuenta la congestión y el equilibrio del sistema con el fin de proporcionar resultados sólidos. Para este proceso, se ha utilizado el modelo de equilibrio Frank-Wolfe debido a su eficiencia en el tiempo de modelado y su capacidad para generar los resultados esperados.

La asignación del transporte privado se ha definido para cada motivo de viaje, lo que implica la clasificación de los flujos de vehículos privados según el motivo del viaje, incluyendo trabajo, estudio, otros motivos y viajes no basados en el hogar.





Ilustración 89. Asignación de vehículo privado por motivo de trabajo



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

Ilustración 90. Asignación de vehículo privado por motivo de estudio



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM



Ilustración 91. Asignación de vehículo privado por otros motivos



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

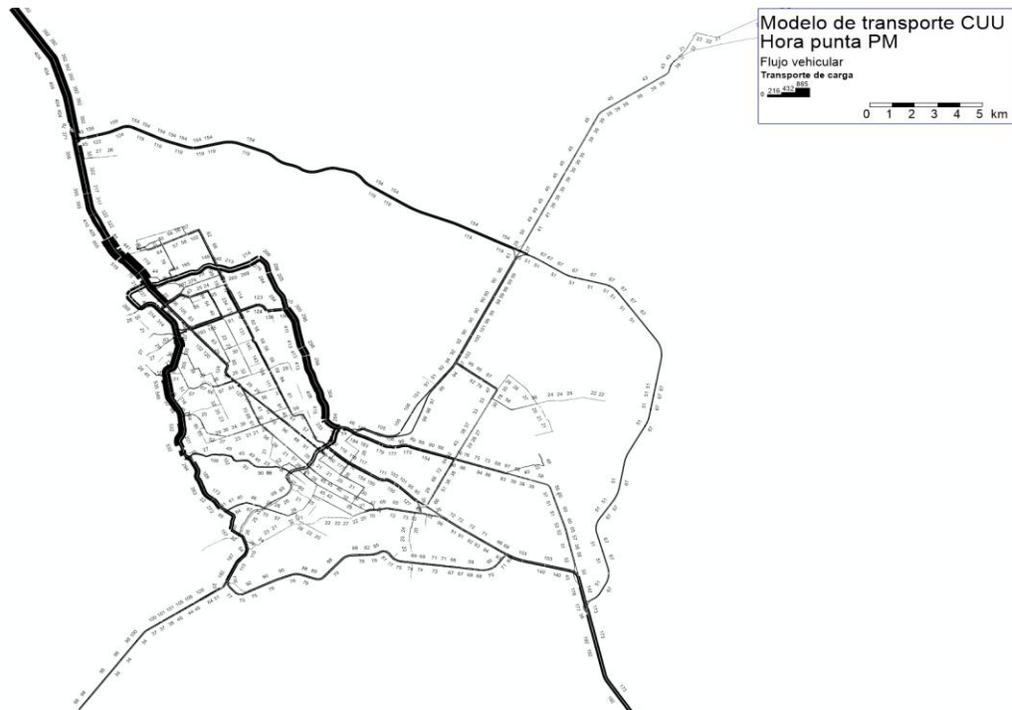
Ilustración 92. Asignación de vehículo privado de viajes no basados en el hogar



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM



Ilustración 93. Asignación de transporte de carga



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

9.12.1.3 Validación

En modelos de demanda se busca representar adecuadamente el movimiento de las personas, no el flujo vehicular en sí. Por ello, la primera validación se hace a nivel de línea pantalla o puntos de aforo que permitan capturar la demanda de viajes. A diferencia de los aforos direccionales, las líneas pantalla se hacen en tramos intermedios a fin de evitar contar menos personas derivado de los cuellos de botella en intersecciones.

Adicionalmente, se validan los flujos en cada punto de aforo del que se disponga de información, incluyendo los aforos levantados en el marco del proyecto y los provistos por el cliente. En total se tienen 89 observaciones para la hora punta de la tarde, de las cuales 20 corresponden a aforos que conforman las líneas pantalla.

La validación del modelo compara los resultados obtenidos con los volúmenes vehiculares aforados y existen principalmente diversos criterios para ello.

El primer criterio es la comparación mediante el cálculo de una curva de regresión, la cual provee dos medidas: el coeficiente de determinación, R^2 , y la pendiente de la recta. El primero debe ser



mayor a 0.85 y la pendiente de la recta debe estar entre 0.90 y 1.10 de acuerdo con los criterios del Travel Demand modelling (ATAP, 2016).

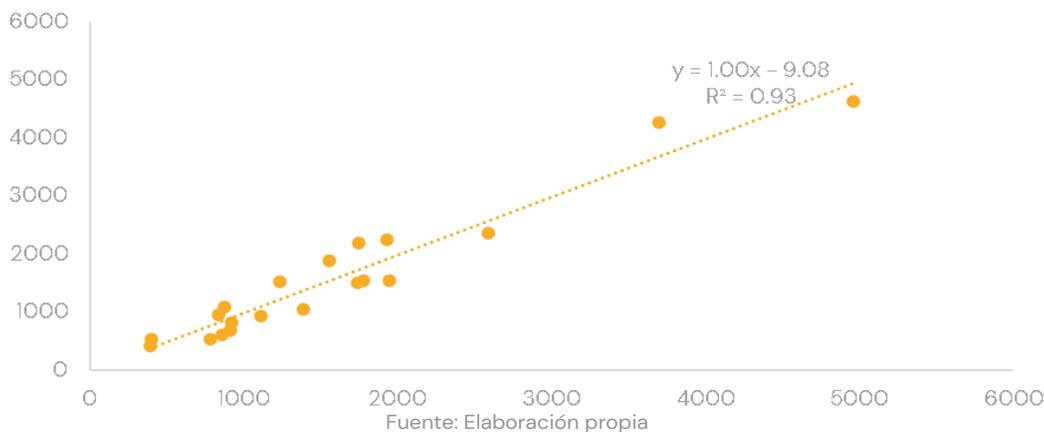
Evaluando las líneas pantalla se tiene un R2 de 0.93 y una pendiente de la recta de 1.00.

Tabla 50. Valores de validación en líneas pantalla

Observado	Modelado	Observado	Modelado
2,588	2,368	1,114	940
1,744	2,189	836	967
1,777	1,545	3,692	4,263
1,739	1,517	4,958	4,626
402	538	1,946	1,557
391	419	1,932	2,250
908	699	1,555	1,896
873	1,095	1,235	1,533
922	816	859	625
783	540	1,383	1,052

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM y levantados en campo

Ilustración 94. Validación en líneas pantalla



Al considerar todos los puntos de aforo se encuentra un valor de R2 de 0.88 y una pendiente de 0.93. En ambos casos se cumple con los criterios de validación.

Tabla 51. Valores de validación del modelo de asignación para transporte privado

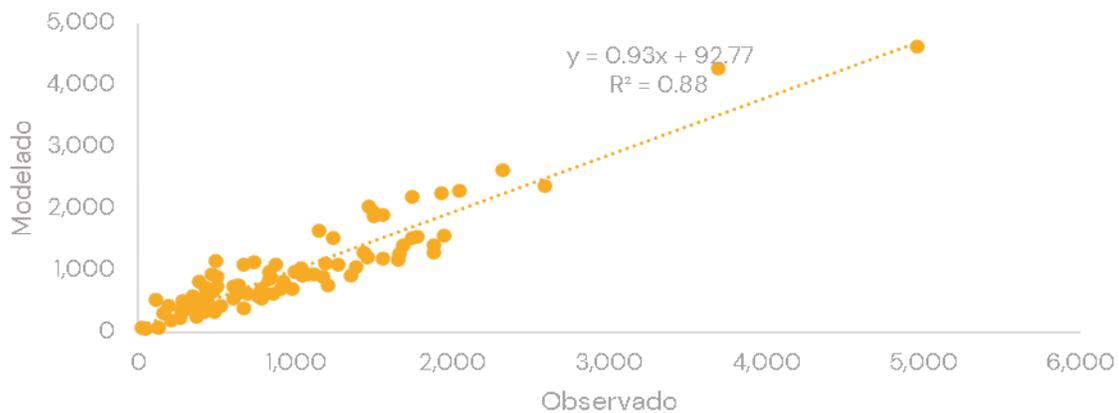
Observado [veh/h]	Modelado [veh/h]								
2,588	2,368	2,317	2,619	1,881	1,299	261	230	781	702



Observado [veh/h]	Modelado [veh/h]	Observado [veh/h]	Modelado [veh/h]	Observado [veh/h]	Modelado [veh/h]	Observado [veh/h]	Modelado [veh/h]	Observado [veh/h]	Modelado [veh/h]
1,744	2,189	1,150	1,651	1,455	1,203	1,656	1,177	343	376
1,777	1,545	46	57	501	899	1,076	938	111	527
1,739	1,517	674	1,088	735	1,125	607	555	1,271	1,097
402	538	1,470	2,035	606	734	194	432	669	382
391	419	384	816	840	879	300	368	1,430	1,296
908	699	287	446	277	501	639	757	369	341
873	1,095	1,349	916	979	712	440	461	781	680
922	816	1,496	1,946	696	626	211	199	127	80
783	540	156	306	1,033	1,028	1,497	1,878		
1,114	940	20	68	634	633	2,043	2,281		
836	967	1,683	1,408	344	585	474	658		
3,692	4,263	1,557	1,195	319	461	126	75		
4,958	4,626	992	973	371	252	415	339		
1,946	1,557	1,207	770	497	739	393	461		
1,932	2,250	1,194	1,123	467	946	426	718		
1,555	1,896	1,045	912	1,877	1,403	832	856		
1,235	1,533	496	1,161	760	575	342	542		
859	625	1,174	901	526	418	455	615		
1,383	1,052	1,663	1,279	480	333	275	346		

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM

Ilustración 95. Regresión entre volúmenes modelados y observados en todos los puntos de aforo



Fuente: Elaboración propia

El segundo criterio de validación es el valor del estadístico GEH, el cual mide la diferencia entre el valor observado y modelado mediante la expresión siguiente.



$$GEH = \sqrt{\frac{2(M - C)^2}{M + C}}$$

La particularidad del GEH es la de penalizar en mayor medida cuando se comparan magnitudes grandes, esto a fin de asegurar que el modelo represente adecuadamente los flujos en las principales vialidades. Enfocarse en los flujos de mayor magnitud permite tener mayor confiabilidad en la situación más desfavorable.

Los valores obtenidos para cada nivel de validación se resumen a continuación.

Tabla 52. Valores de GEH

Criterio	Privado	Carga
GEH – Líneas en pantalla	6.65	8.84
GEH – Total	7.76	6.9

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM

Un tercer criterio de validación es la raíz del error cuadrático medio el cual mide el error promedio para todas las observaciones. A nivel de líneas pantalla se tiene un error del 19% y cuando se consideran todos los puntos de aforo, de 29%. El valor objetivo es menor a 30% de acuerdo con lo recomendado por ATAP. En ambos casos se cumple con las recomendaciones.

Tabla 53. Raíz del error cuadrático medio

Nivel	RMS
Líneas pantallas	0.19
Todo	0.29

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM

Si bien el valor de GEH se recomienda menor a 5, la validación del modelo se determina apta para estudios de planificación estratégica al cumplir satisfactoriamente el primer y tercer criterio, y resultar el segundo criterio cercano a lo recomendado.

9.12.2 Modelo de asignación de transporte público

El transporte público comprende todos los servicios que operan según un itinerario preestablecido y siguen una ruta fija. Dentro del ámbito de la modelación, se incluyen tanto el transporte público en autobús como el sistema Bus Rapid Transit (BRT por sus siglas en inglés), conocido como Bowi.



De la misma manera que en transporte privado se tiene una asignación todo o nada, que dirige todos los viajes a la ruta más corta. La diferencia recae en poder utilizar solo arcos por donde pasa una ruta de transporte.

Sin embargo, la operación de transporte público involucra mayores variables como la accesibilidad al sistema, los transbordos y las tarifas. Por ello, la elección de ruta se torna más compleja. En los modelos de asignación basados en frecuencias e itinerarios se incluye el tiempo percibido de viaje y la tarifa afectada por el valor del tiempo.

Los ponderadores del tiempo percibido de viaje se definen conforme a lo recomendado por la National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine.

Tabla 54. Tiempo percibido de viaje

Atributo	Ponderador
Tiempo en vehículo	1.00
Tiempo de acceso	2.40
Tiempo de dispersión	2.40
Tiempo de caminata	2.40
Tiempo de espera	2.90
Número de trasbordos x	10 min
Tarifa	0.22

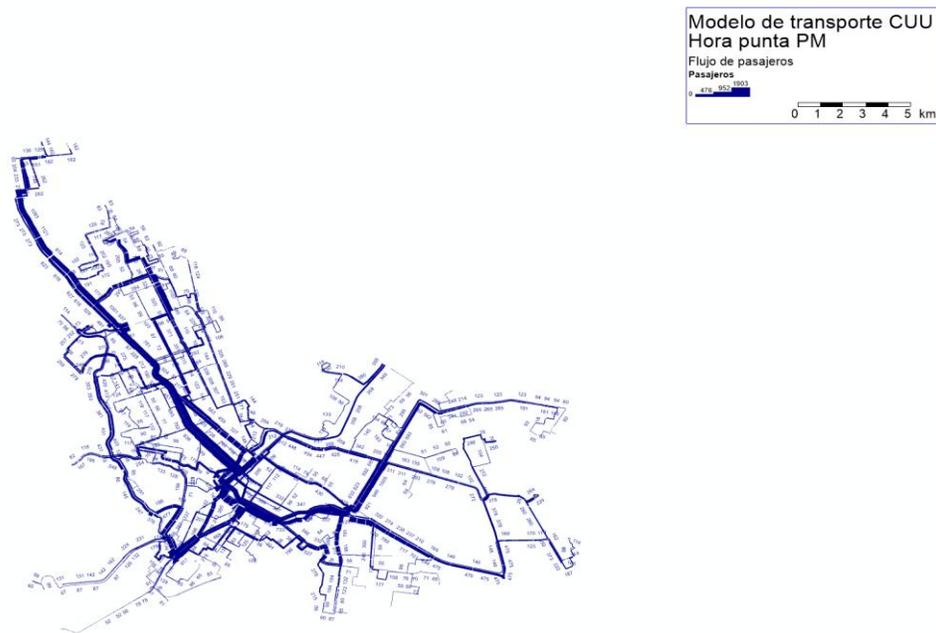
Fuente: Elaboración propia con información del Travel Demand Forecasting (National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2012)

9.12.2.1 Asignación

El modelo de asignación se basa en itinerario (timetable-based) siguiendo las recomendaciones dadas por el software usado en caso de tener rutas con frecuencias bajas. Al igual que el modelo de asignación de privado se realizó la asignación de pasajeros para cada motivo de viaje. Los flujos asignados se ilustran a continuación.



Ilustración 96. Asignación de transporte público

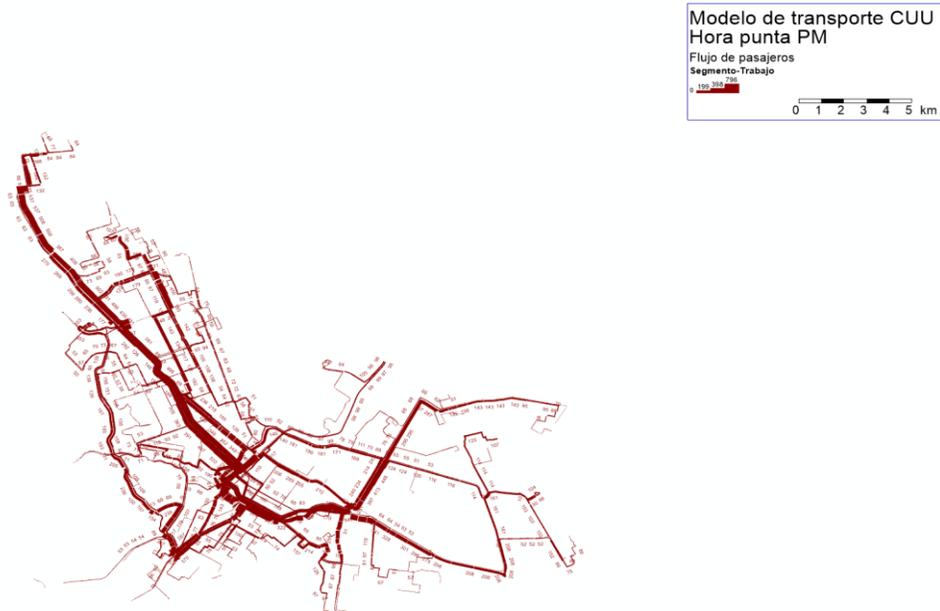


Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

En hora punta de la tarde se estiman alrededor de 25, 000 viajes en transporte público. La carga máxima dentro de la red de transporte público se determina de cerca de 2,000 pasajeros por hora sentido y se encuentra sobre la Av. Niños Héroes, la cual cuenta con una concentración alta de rutas de transporte público.



Ilustración 97. Asignación de transporte público por motivo trabajo



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

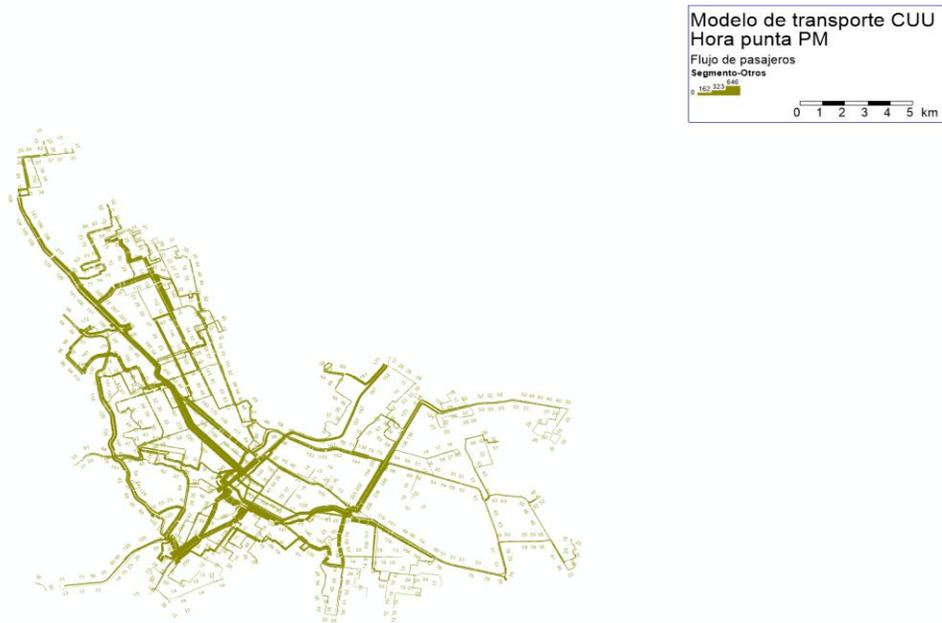
Ilustración 98. Asignación de transporte público por motivo estudio



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM



Ilustración 99. Asignación de transporte público por otros motivos



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

Ilustración 100. Asignación de transporte público de viajes no basados en el hogar



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM



9.12.2.2 Validación

La validación del modelo de asignación de transporte público se lleva a cabo un ajuste lineal entre los puntos de aforos de frecuencia y ocupación visual levantados en el marco del proyecto y los flujos modelados. Esta comparativa se lleva a cabo en 19 observaciones para los 10 puntos de aforos FOV.

La validación resulta en un coeficiente de correlación de 0.85 y una pendiente del 0.91, los cuales se encuentran dentro de los rangos aceptables.

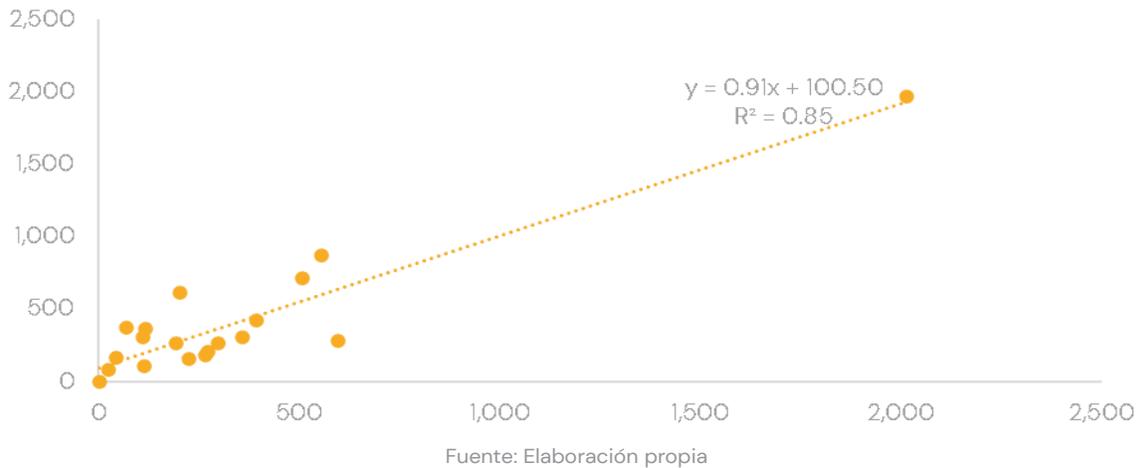
Tabla 55. Valores para validación del modelo de asignación de transporte privado

Observado [pax/h]	Modelado [pax/h]
69	374
114	106
273	212
597	288
226	156
357	307
118	369
45	165
193	270
267	181
1	0
109	309
394	429
297	269
202	614
25	84
555	871
509	719
2,013	1,972

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM vs datos obtenidos en campo



Ilustración 101. Validación del modelo de transporte público



9.13 Interacción oferta y demanda

Como se mencionó anteriormente, el proceso de modelación de cuatro etapas es de naturaleza iterativa al requerir en sus primeras etapas los resultados de la asignación de viajes. En la primera iteración, al no disponer de información, se emplean valores de tiempo en condiciones a flujo libre, es decir, sin tomar en cuenta la congestión.

Para las iteraciones siguientes se retroalimentan los tiempos de recorrido a la etapa de distribución y reparto modal a fin de incluir los efectos del tráfico vehicular en la elección de destino y modo. Este proceso se repite hasta que se determina que el modelo alcanzó una situación estable, es decir, los resultados entre la iteración actual y su anterior no presenten variaciones significativas.



Ilustración 102. Proceso iterativo de la modelación de transporte



Fuente: Elaboración propia

La medición de la interacción entre oferta y demanda se realiza mediante el criterio de gap oferta/demanda recomendado por el Department for Transport. Este criterio mide qué tan cerca se encuentra el modelo del punto de equilibrio mediante la expresión siguiente.

$$\frac{\sum_a C(X_a^n) |D(C(X_a^n)) - X_a^n|}{\sum_a C(X_a^n) X_a^n}$$

Donde

X_a^n es la matriz de vehículos de la iteración anterior.

$C(X_a^n)$ es el costo o tiempo de recorrido para dicha matriz.

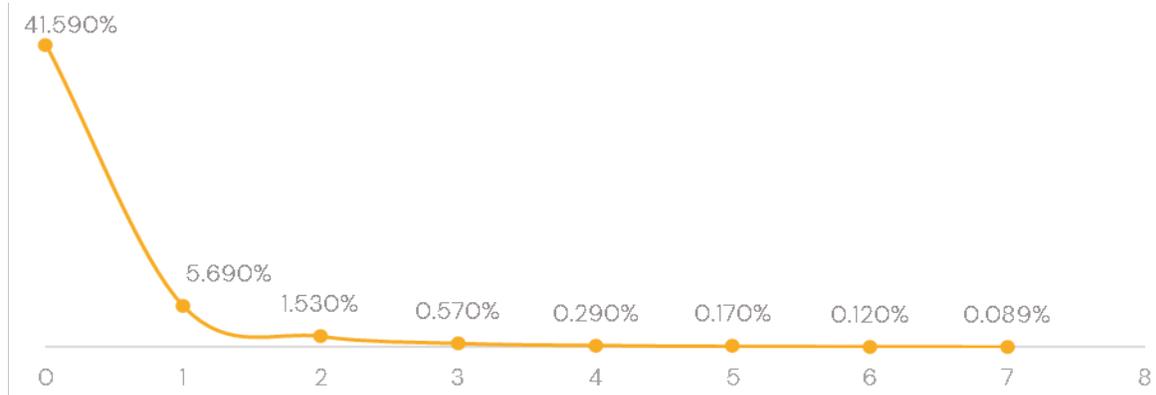
$D(C(X_a^n))$ es la matriz de vehículos resultado del modelo de 4 etapas con los costos $C(X_a^n)$.

La recomendación para el valor del gap es de 0.1%. Esta validación se realiza para la matriz de vehículos al ser el principal modo de transporte y se implementa dentro del flujo de modelación en VISUM.

La convergencia del modelo se alcanza en la iteración número 7 con un gap de 0.089%, es decir, después de siete iteraciones los resultados varían el 0.089% con respecto a la iteración anterior y se determina que el sistema alcanza una situación estable. La evolución de la variación de los resultados en cada iteración se ilustra a continuación.



Ilustración 103. Convergencia del modelo



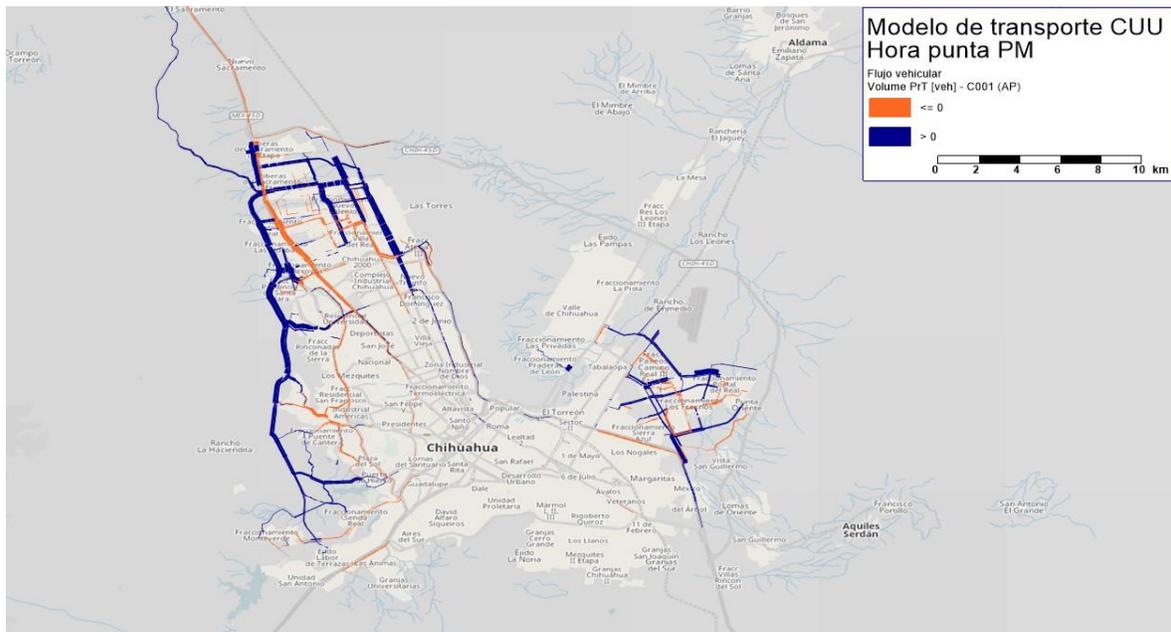
Fuente: Elaboración propia



10 AMPLIACIÓN A LA RED VIAL

La evaluación del impacto de la propuesta de red vial se realiza comparando la situación tendencial a 2040 sin proyecto con la implementación de las propuestas de red vial al mismo horizonte.

Ilustración 104 Variación del flujo vehicular con la propuesta de red vial a 2040.



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

Las vialidades con mayor captación e incremento de flujo vehicular son las que conectan los parques industriales con la zona norte de la ciudad, donde se espera un mayor desarrollo. Así mismo ocurre en la zona de desarrollo al oriente.

Tabla 56. Vialidades con mayor captación vehicular

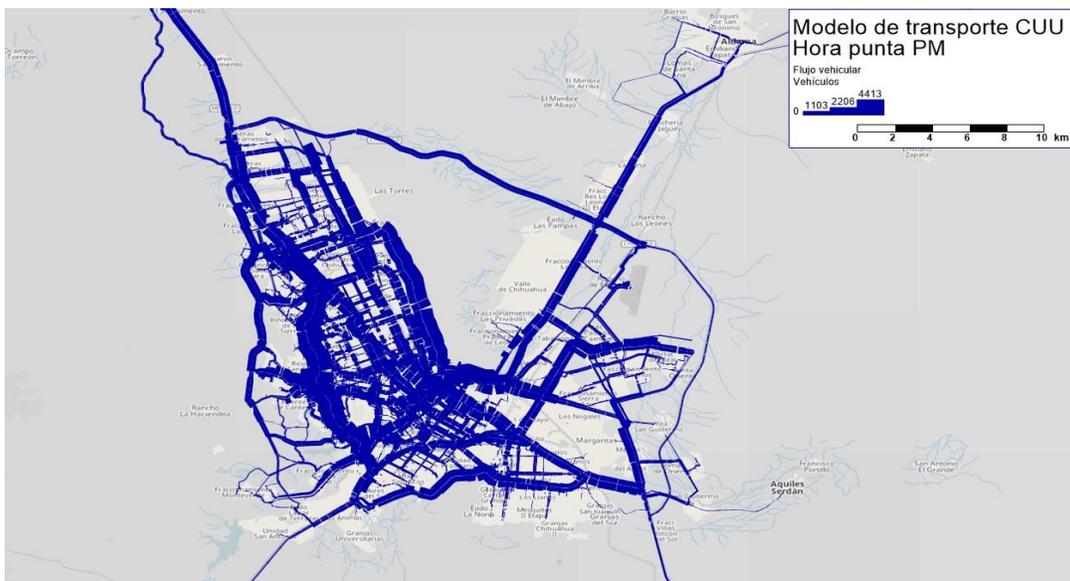
Vialidad	Carga máxima [veh/h]
Av. Venceremos	2,400
Av. De las Industrias (norte)	2,900
Av. Amazonas	850
Bldv. Luis H. Álvarez (poniente 5)	2,100
Anthony Quinn (ampliación)	2,200
Eugenio prado	1,900
Av. V. Lombardo Toledano (Extensión)	1,600
Av. Equus (ampliación)	2,500

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de VISUM



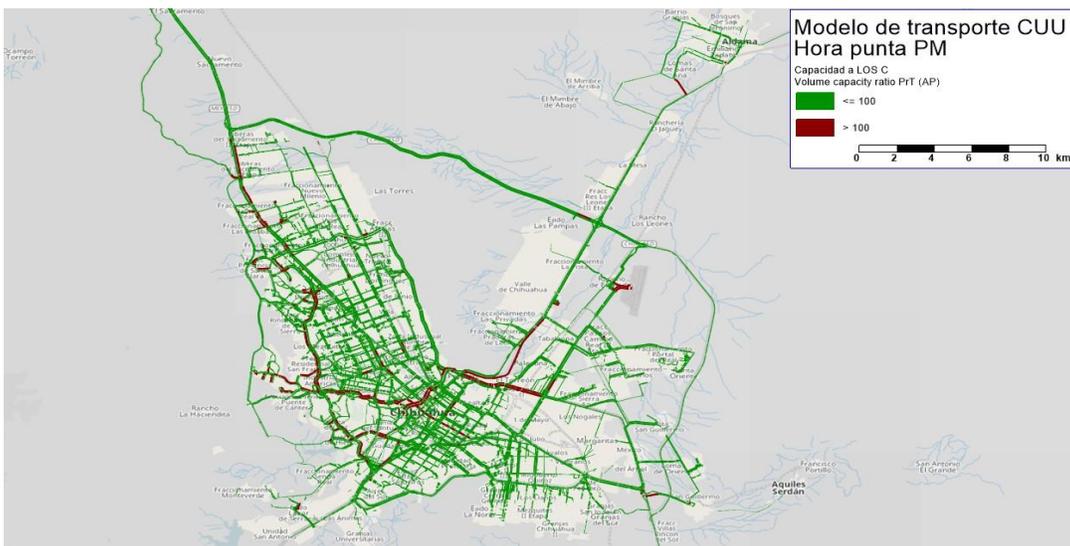
Los flujos vehiculares con la nueva configuración de red vial se distribuyen como se ilustra a continuación. Cabe recalcar que el Periférico de la Juventud se mantiene como la vialidad de mayor afluencia vehicular. Por su parte, el blvd. Luis H. Álvarez provee una alternativa viable a la zona poniente y ayuda al Periférico de la Juventud, si bien no a desfogarse, a mantener su nivel de servicio similar al de situación actual.

Ilustración 105 Flujos vehiculares con la propuesta de red vial a 2040.



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM

Ilustración 106 Nivel de servicio en la red vial a 2040 con propuesta de red.



Fuente: Elaboración propia obtenido con VISUM



11 BIBLIOGRAFÍA

Australian Transport Assessment and Planning [ATAP] (2016). Travel Demand Modelling. Disponible en: https://www.atap.gov.au/sites/default/files/T1_Travel_Demand_Modelling.pdf.

Fecha de consulta: marzo 2024

Department for Transport. (2020). Variable Demand Modelling. Disponible en: <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5fbfbcf2d3bf7f573a808291/tag-m2-1-variable-demand-modelling.pdf>.

Fecha de consulta: marzo 2024

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2012 - 2022). Vehículos de motor registrados en circulación. Disponible en:

https://www.inegi.org.mx/programas/vehiculosmotor/#datos_abiertos. Fecha de consulta: marzo 2024

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2000 - 2020). Censo de Población y Vivienda 2000. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2000/#tabulados>.

Fecha de consulta: marzo 2024

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2015). Encuesta Intercensal 2015. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/#tabulados>.

Fecha de consulta: marzo 2024

Instituto de Planeación Integral del Municipio de Chihuahua [IMPLAN] (2023). Borrador del Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Chihuahua, PDU 2040, Séptima Actualización.

Fecha de consulta: marzo 2024

Marín A., Arvizu C., Vázquez G., Ramírez J. Castillo M., Soto P., et al. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano [SEDATU] (2023). Estrategia Nacional de Movilidad y Seguridad Vial [ENAMOV].

Disponible en:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/848141/ENAMOV_2023-2042.pdf. Fecha de consulta: diciembre 2023

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2012). Travel Demand Forecasting: Parameters and Techniques. Disponible en:

https://nap.nationalacademies.org/login.php?action=guest&record_id=14665. Fecha de consulta: marzo de 2024



Ortiz V., Baranda B., Peón G., Medina S., Gaspar B., Escalona G., et al. Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano [SEDATU] (2019). Manual de calles: Diseño vial para ciudades mexicanas. Disponible en:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/509173/Manual_de_calles_2019.pdf. Fecha de consulta: diciembre 2023

Ortúzar, J., & Willumsen, L. G. (2011). Model Estimation from Traffic Counts. En J. d. Ortúzar, & L. G. Willumsen, Modelling transport. Fecha de consulta: marzo de 2024

Taller ACUR. (2020). Actualización del macromodelo de Chihuahua para evaluación de alternativas viales. Disponible en: https://sitioimplan.s3.us-east-2.amazonaws.com/IMPLAN-Datos/pdf/PI2020_ESTUDIO_MULTIMODAL.pdf. Fecha de consulta: enero de 2024



Índice de tablas

Tabla 1. Comparativo de porcentajes de población por modo y motivo de los escenarios a futuro y la línea base	
Tabla 2. Horizontes de planeación	
Tabla 3. Escenarios de evaluación.....	
Tabla 4. Variables para desarrollo de línea base	
Tabla 5. Factores de proporcionalidad entre la tasa de motorización y el uso de modos de transporte.....	
Tabla 6. Crecimiento poblacional en la ZMCH.....	
Tabla 7. Parque vehicular 2002- 2020.....	
Tabla 8. Tasa de motorización 2002 - 2022	
Tabla 9. Porcentajes de población por modo de transporte y motivo de viaje a 2024	
Tabla 10. Reparto modal en situación actual.....	
Tabla 11. Crecimiento tendencial de la población.....	
Tabla 12. Crecimiento tendencial del parque vehicular	
Tabla 13. Tasa de motorización tendencial 2024 - 2040.....	
Tabla 14. Variación de tiempos de viaje por segmento a 2030 en el escenario tendencial.....	
Tabla 15. Reparto modal a 2030 en escenario tendencial	
Tabla 16. Variación de tiempos de viaje por segmento a 2035 en el escenario tendencial	
Tabla 17. Reparto modal en escenario tendencial 2035	
Tabla 18. Variación de tiempos de viaje por segmento a 2035 en el escenario tendencial	
Tabla 19. Reparto modal en escenario tendencial 2040	
Tabla 20. Crecimiento tendencial de la población	
Tabla 21. Crecimiento posible del parque vehicular	



Tabla 22. Comparativo de porcentajes de población por modo y motivo de los escenarios tendencial y posible.....

Tabla 23. Lista de actuaciones concretas que tienen incidencia en el modelo de transporte....

Tabla 24. Variación de tiempos de viaje por segmento a 2030 en el escenario posible

Tabla 25. Reparto modal a 2030 en escenario posible.....

Tabla 26. Variación de tiempos de viaje por segmento a 2035 en el escenario posible.....

Tabla 27. Reparto modal en escenario posible 2035.....

Tabla 28. Variación de tiempos de viaje por segmento a 2040 en el escenario posible

Tabla 29. Reparto modal en escenario posible 2040.....

Tabla 30. Crecimiento tendencial de la población.....

Tabla 31. Comparativo de porcentajes de población por modo y motivo de los escenarios tendencial e ideal.....

Tabla 32. Crecimiento ideal del parque vehicular

Tabla 33. Comparativo de porcentajes de población por modo y motivo de los escenarios tendencial e ideal.....

Tabla 34. Viajes en el área de estudio

Tabla 35. Zonas por municipio

Tabla 36. Segmentos de demanda para la modelación.....

Tabla 37. Tasas de producción de viajes.....

Tabla 38. Parámetros del modelo de atracción de viajes.....

Tabla 39. Viajes modelados

Tabla 40. Parámetros calibrados del modelo de distribución de viajes.....

Tabla 41. Validación modelo de distribución con tiempos de viaje en minutos

Tabla 42. Parámetros del modelo de elección modal

Tabla 43. Constantes específicas el modelo de reparto modal, d.....



Tabla 44. Aforos externos en hora punta PM.....	.....
Tabla 45. Modelo de distribución para viajes externos.....	.....
Tabla 46. Modelo de producción y atracción de transporte de mercancías.....	.....
Tabla 47. Modelo de distribución de transporte de mercancías .....	.....
Tabla 48. Factores horarios y de direccionalidad.....	.....
Tabla 49. Factores de ocupación de vehículo privado.....	.....
Tabla 50. Valores de validación en líneas pantalla.....	.....
Tabla 51. Valores de validación del modelo de asignación para transporte privado.....	.....
Tabla 52. Valores de GEH.....	.....
Tabla 53. Raíz del error cuadrático medio.....	.....
Tabla 54. Tiempo percibido de viaje .....	.....
Tabla 55. Valores para validación del modelo de asignación de transporte privado .....	.....
Tabla 56. Vialidades con mayor captación vehicular .....	.....

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Metodología para la determinación de escenarios.....	.....
Ilustración 2. Esquema del modelo de cuatro etapas .....	.....
Ilustración 3. Crecimiento poblacional 2000 – 2020.....	.....
Ilustración 4. Parque vehicular 2002 – 2022.....	.....
Ilustración 5. Tasa de motorización 2002 a 2022.....	.....
Ilustración 6. Porcentajes de población por modo de transporte y motivo de viaje.....	.....
Ilustración 7. Reparto modal calibrado para viajes por trabajo .....	.....
Ilustración 8. Reparto modal calibrado para viajes por estudio.....	.....
Ilustración 9. Reparto modal calibrado para viajes por otros motivos .....	.....
Ilustración 10. Reparto modal calibrado para viajes no basados en el hogar.....	.....



Ilustración 11. Asignación de vehículo privado y carga

Ilustración 12. Relación volumen/capacidad para situación actual.....

Ilustración 13. Asignación de transporte público.....

Ilustración 14. Crecimiento tendencial de la población 2000 – 2040

Ilustración 15. Crecimiento tendencial del parque vehicular.....

Ilustración 16. Tasa de motorización tendencial por municipio 2002 – 2040

Ilustración 17. Tendencia del porcentaje de población que usará el vehículo privado para ir al trabajo

Ilustración 18. Tendencia del porcentaje de población que usará el transporte público para ir al trabajo

Ilustración 19. Tendencia del porcentaje de población que caminará a la escuela.....

Ilustración 20. Flujos vehiculares en escenario tendencial 2030

Ilustración 21. Diferencia en la saturación de la vía 2030 vs 2024 en el escenario tendencial ...

Ilustración 22. Relación volumen/capacidad (LOS C) en escenario tendencial 2030

Ilustración 23. Variación de pasajeros 2030 vs 2024 en el escenario tendencial.....

Ilustración 24. Flujo de pasajeros de transporte público en escenario tendencial 2030

Ilustración 25. Flujos vehiculares en escenario tendencial 2035.....

Ilustración 26. Nivel de servicio en la red vial 2035 en el escenario tendencial.....

Ilustración 27. Flujo de pasajeros en escenario tendencial 2035

Ilustración 28. Flujos vehiculares en escenario tendencial 2040

Ilustración 29. Nivel de servicio de la red vial en el escenario tendencial 2040

Ilustración 30. Flujos de pasajeros en escenario tendencial 2040

Ilustración 31. Tasa de motorización del escenario posible.....

Ilustración 32. Comparativo de tasas de motorización del escenario posible con el escenario tendencial.....



Ilustración 33. Escenario posible en vehículo privado al trabajo.....

Ilustración 34. Escenario posible del porcentaje de población que usará el vehículo privado para ir al trabajo

Ilustración 35. Escenario posible en transporte público al trabajo

Ilustración 36. Escenario posible del porcentaje de población que usará el transporte público para ir al trabajo

Ilustración 37. Escenario posible que camina a la escuela

Ilustración 38. Escenario posible del porcentaje de población que caminará a la escuela

Ilustración 39. Flujos vehiculares en escenario posible 2030

Ilustración 40. Diferencia en la saturación de la vía 2030 vs 2024 en el escenario posible.....

Ilustración 41. Relación volumen/capacidad (LOS C) en escenario posible 2030

Ilustración 42. Variación de pasajeros 2030 vs 2024 en el escenario posible

Ilustración 43. Flujo de pasajeros de transporte público en escenario posible 2030

Ilustración 44. Flujos vehiculares en escenario posible 2035 vs 2030 en el escenario posible ..

Ilustración 45. Flujos vehiculares en escenario posible 2035

Ilustración 46. Nivel de servicio en la red vial 2035 en el escenario posible

Ilustración 47. Flujo de pasajeros en escenario posible 2035 vs 2030 en el escenario posible.

Ilustración 48. Flujo de pasajeros en escenario posible 2035

Ilustración 49. Flujos vehiculares en escenario posible 2040 vs 2035.....

Ilustración 50. Flujos vehiculares en escenario posible 2040

Ilustración 51. Nivel de servicio de la red vial en el escenario posible 2040

Ilustración 52. Flujos de pasajeros en escenario posible 2040

Ilustración 53. Flujos de pasajeros en escenario posible 2040

Ilustración 54. Comparativo de porcentajes de población por modo y motivo de los escenarios tendencial e ideal.....



Ilustración 55. Tasa de motorización del escenario ideal del parque vehicular.....

Ilustración 56. Comparativo de tasas de motorización del escenario ideal con el escenario tendencial.....

Ilustración 57. Escenario ideal en vehículo privado al trabajo

Ilustración 58. Escenario ideal del porcentaje de población que usará el vehículo privado para ir al trabajo.....

Ilustración 59. Escenario ideal en transporte público al trabajo

Ilustración 60. Escenario ideal del porcentaje de población que usará el transporte público para ir al trabajo

Ilustración 61. Escenario ideal camina a la escuela

Ilustración 62. Escenario ideal del porcentaje de población que caminará para ir a la escuela .

Ilustración 63. Esquema del modelo de cuatro etapas.....

Ilustración 64. Definición de viaje en formato producción-atracción

Ilustración 65. Viaje no basado en el hogar.....

Ilustración 66. Cadena de viaje en formato producción-atracción.....

Ilustración 67. Conceptualización de las Zonas de Análisis de Transporte

Ilustración 68. Zonificación del área de estudio

Ilustración 69. Procedimiento de generación de viajes en VISUM

Ilustración 70. Representación matricial de la etapa de producción y atracción de viajes

Ilustración 71. Distribución de longitud de viajes por trabajo.....

Ilustración 72. Distribución de longitud de viajes por estudio

Ilustración 73. Distribución calibrada de viajes por trabajo

Ilustración 74. Principales relaciones de viajes por trabajo de hogar con vehículo

Ilustración 75. Principales relaciones de viajes por trabajo de hogar sin vehículo

Ilustración 76. Distribución calibrada de viajes por estudio.....



Ilustración 77. Principales relaciones de viajes por estudio con vehículo	
Ilustración 78. Principales relaciones de viajes por estudio sin vehículo	
Ilustración 79. Distribución calibrada de viajes por otros motivos.....	
Ilustración 80. Principales relaciones de viajes por otros motivos con vehículo.....	
Ilustración 81. Principales relaciones de viajes por otros motivos sin vehículo	
Ilustración 82. Principales relaciones de viajes no basados en el hogar	
Ilustración 83. Distribución calibrada de viajes no basados en el hogar.....	
Ilustración 84. Reparto modal de viajes por trabajo ponderado por segmento de demanda...	
Ilustración 85. Reparto modal de viajes por estudio por segmento de demanda.....	
Ilustración 86. Comparativa entre formato producción-atracción y origen-destino	
Ilustración 87. Transformación de formato Producción-Atracción a Origen-Destino.....	
Ilustración 88. Funciones flujo-demora empleadas.....	
Ilustración 89. Asignación de vehículo privado por motivo de trabajo	
Ilustración 90. Asignación de vehículo privado por motivo de estudio.....	
Ilustración 91. Asignación de vehículo privado por otros motivos	
Ilustración 92. Asignación de vehículo privado de viajes no basados en el hogar.....	
Ilustración 93. Asignación de transporte de carga	
Ilustración 94. Validación en líneas pantalla	
Ilustración 95. Regresión entre volúmenes modelados y observados en todos los puntos de aforo	
Ilustración 96. Asignación de transporte público.....	
Ilustración 97. Asignación de transporte público por motivo trabajo.....	
Ilustración 98. Asignación de transporte público por motivo estudio.....	
Ilustración 99. Asignación de transporte público por otros motivos	
Ilustración 100. Asignación de transporte público de viajes no basados en el hogar	



Ilustración 101. Validación del modelo de transporte público

Ilustración 102. Proceso iterativo de la modelación de transporte

Ilustración 103. Convergencia del modelo.....

Ilustración 104 Variación del flujo vehicular con la propuesta de red vial a 2040.....

Ilustración 105 Flujos vehiculares con la propuesta de red vial a 2040.

Ilustración 106 Nivel de servicio en la red vial a 2040 con propuesta de red.

EL QUE SUSCRIBE, JEFE DEL DEPARTAMENTO DE SERVICIOS JURÍDICOS DE LA SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA DE GOBIERNO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA, CON FUNDAMENTO EN LOS ARTÍCULOS **12** DE LA **LEY ORGÁNICA DEL PODER EJECUTIVO DEL ESTADO DE CHIHUAHUA**; **14, 32 Y 38**, FRACCION **XII** DEL **REGLAMENTO INTERIOR DE LA SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA**, HACE CONSTAR Y CERTIFICA QUE EN PRESENTE DOCUMENTO ES COPIA FIEL SACADA DE SU ORIGINAL, QUE OBRA EN LOS ARCHIVOS DE ESTA DEPENDENCIA, EL CUAL TUVE A LA VISTA PARA SU COTEJO.

LA PRESENTE CERTIFICACIÓN VA EN **142 (CIENTO CUARENTA Y DOS)** FOJAS ÚTILES, PARA LOS EFECTOS LEGALES QUE PROCEDAN A LOS **Dieciocho** DÍAS DEL MES DE **JUNIO** DEL AÑO DOS MIL **VEINTICINCO**.

M. D. OMAR MENDOZA RODRÍGUEZ
JEFE DE DEPARTAMENTO DE SERVICIOS JURÍDICOS DE LA
SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA

SERVICIOS JURÍDICOS
SECRETARÍA DE DESARROLLO
URBANO Y ECOLOGÍA

SIN TEXTO

SIN TEXTO