



Ciudades compactas y electrificadas: México

INFORME PARA RESPONSABLES POLÍTICOS



ITDP

UCDAVIS
UNIVERSITY OF CALIFORNIA

Esta investigación conjunta del Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP) y la Universidad de California, Davis, muestra la viabilidad de que México reduzca los costos directos totales del transporte urbano de pasajeros, para los sectores público y privado, en \$24 billones MXN para 2050 (incluyendo \$4 billones MXN¹ en ahorros para los gobiernos federal, estatal y local), al tiempo que se reducen las emisiones de carbono a un nivel consistente con los compromisos internacionales adquiridos por el país. Alcanzar este objetivo requerirá de una combinación de estrategias para apoyar la electrificación de vehículos, la planificación de ciudades compactas y el cambio modal hacia la movilidad a pie, bicicleta y transporte público. Sólo la aplicación conjunta de estas estrategias será suficiente para lograr los beneficios de la reducción de emisiones y el ahorro monetario.

Este estudio investiga cuatro posibles escenarios para el transporte urbano de pasajeros en México:

- **Escenario base:** en el país se sigue la tendencia actual de un crecimiento lento en la utilización del transporte público y los viajes a pie y en bicicleta, combinada con el rápido crecimiento del uso del automóvil privado y la electrificación gradual de vehículos.
- **Electrificación (únicamente):** la sustitución, lo más rápido posible, de los vehículos de combustión interna por otros eléctricos, con el objetivo de alcanzar, en 2050, el 100 % de las ventas de vehículos nuevos.
- **Cambio modal (únicamente):** la rápida transformación de las prioridades de planificación urbana, a favor del uso compacto del suelo, el transporte público y los viajes a pie y en bicicleta para evitar que siga aumentando la utilización de automóviles privados.
- **Electrificación + Cambio modal:** La combinación de los dos escenarios anteriores.

En la figura A se muestran las necesidades estimadas para alcanzar cada escenario y el gasto público acumulado que conlleva.

Además del ahorro monetario, el escenario *Electrificación + Cambio modal* reduciría el consumo de electricidad en 30 mil millones de kWh al año en 2050, en comparación con el escenario *Electrificación (únicamente)*. Cualitativamente, este escenario mejoraría la seguridad vial, promovería la inclusión económica de grupos marginados y reduciría la contaminación atmosférica

NECESIDADES DE INFRAESTRUCTURAS Y COSTOS PÚBLICOS DIRECTOS POR ESCENARIO

| | Porcentaje de vehículos ligeros nuevos que son eléctricos | Carriles construidos de carretera (acumulados, km) | Km construidos de vías para el Metro (acumulados, km) | Carriles construidos para autobuses de tránsito rápido (acumulados, km) | Carriles construidos de ciclovía protegida (acumulados, km) | Gasto público acumulado en transporte urbano de pasajeros |
|-------------------------------------|---|--|---|---|---|---|
| Base 2015 | 0% | | | | | |
| 2050 Sin cambios | 50% | 140,000 | 400 | 900 | 5,400 | \$43 billones MXN |
| 2050 Electrificación (únicamente) | 100% | 140,000 | 400 | 900 | 5,400 | \$43 billones MXN |
| Cambio modal 2050 (únicamente) | 50% | 25,000 | 600 | 4,300 | 19,000 | \$39 billones MXN |
| 2050 Electrificación + Cambio modal | 100% | 25,000 | 600 | 4,300 | 19,000 | \$39 billones MXN |

Figura A.
Necesidades de infraestructuras y costos públicos directos por escenario (2015- 2050)

¹ La cifra 4 billones debe leerse como 4,000,000,000,000, o 4×10^{12} . Esta cifra sería leída como “trillones” por las personas lectoras anglosajonas.

La investigación también mide las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del transporte urbano de pasajeros,² en cada uno de los escenarios. Estos resultados se suman a diversos estudios³ que demuestran que, para alcanzar los compromisos del Acuerdo de París, México requerirá tanto de la electrificación completa de vehículos como de un cambio en los patrones de movilidad a favor del transporte público y la movilidad no motorizada.

No basta con que la electrificación o el cambio modal se den al ritmo más rápido posible, si cada uno avanza de manera independiente del otro; sólo con la implementación complementaria de ambas estrategias, México logrará reducir las emisiones de GEI lo suficientemente rápido como para mantener el calentamiento global por debajo de 1.5 °C (área azul de la figura B).

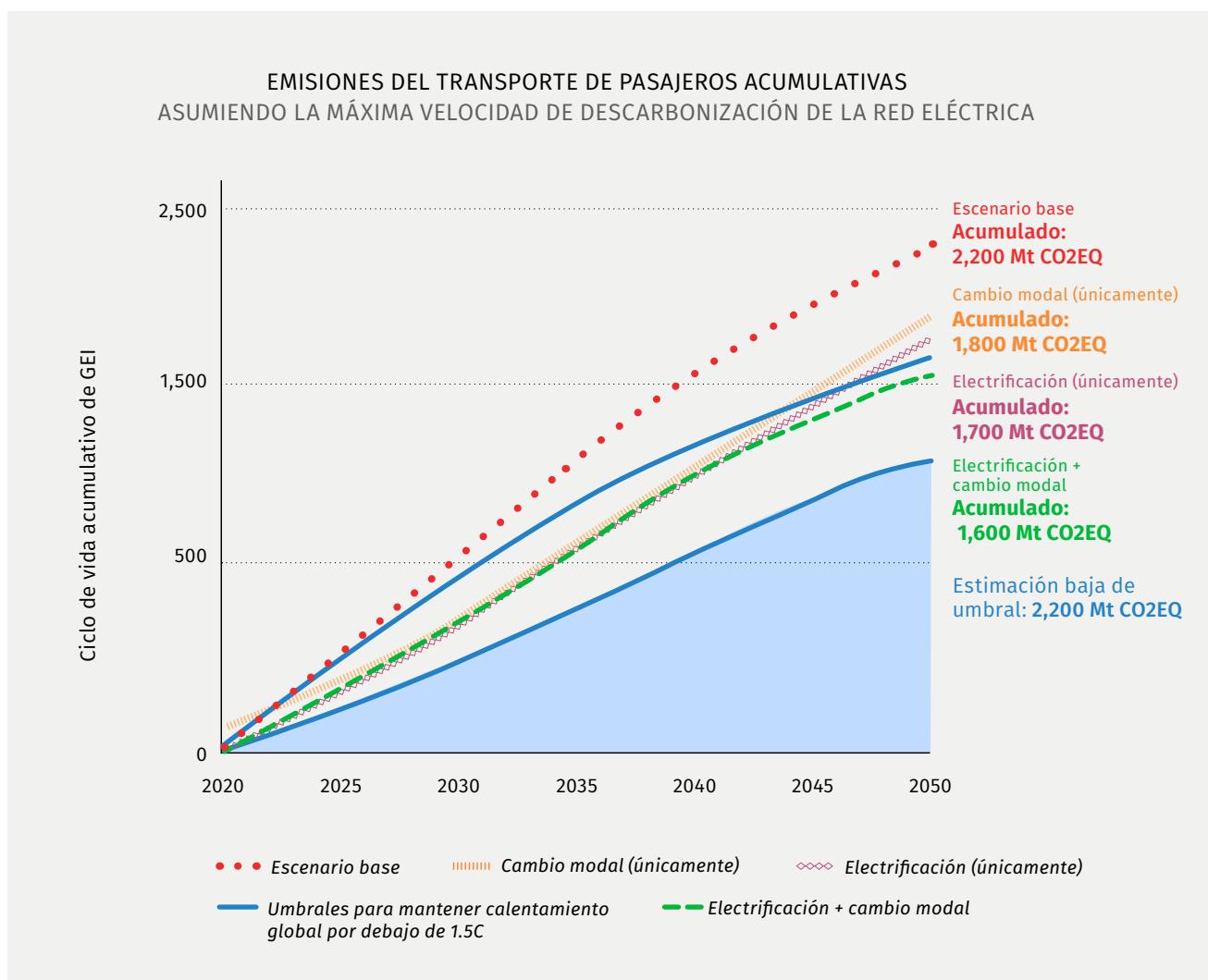


Figura B.
Emisiones de gases de efecto invernadero por escenario

2 El ámbito del estudio se limita al transporte urbano de pasajeros. No se ha incluido ningún tipo de transporte de mercancías ni el transporte interurbano o rural.

3 Iniciativa Climática de México (2023). Ruta Emisiones Netas Cero para México 2060, desde Sociedad Civil.

Las ciudades mexicanas presentan un alto uso del transporte público, sin embargo, esta tendencia se ve amenazada por el rápido crecimiento del uso del automóvil privado, así como por la asignación inequitativa del espacio vial y la infraestructura actual de las calles.

Para alcanzar el escenario *Electrificación + Cambio Modal*, México debe invertir en la mejora de la infraestructura existente para el transporte público e impulsar la movilidad a pie y en bicicleta. De manera paralela, debe reasignar el espacio vial, financiar el transporte público y evitar nuevas inversiones en infraestructura centrada en el automóvil.

Es indispensable que esta reestructuración esté acompañada de incentivos y mandatos para a electrificación de los vehículos, la construcción de ciudades compactas con usos mixtos y medidas de gestión de la demanda de viajes. Asimismo, se requiere establecer restricciones a las emisiones de vehículos privados y fijar precios de estacionamiento que reflejen el impacto real de los automóviles en el espacio urbano.

En todos los escenarios, gran parte de los viajes se seguirá haciendo en automóviles privados, pero el escenario *Electrificación + Cambio modal* ofrecerá a los mexicanos opciones de movilidad basadas en el uso de vehículos limpios y eficientes. Las distancias recorridas en cada viaje también podrían reducirse, en parte por el aumento de la densidad habitacional, pero sobre todo por el incremento de entornos con usos de suelo mixto. La propuesta no representa una revolución sin precedentes, por el contrario, es una vuelta a una tradición de construcción de ciudades centrada en las personas; este modelo ha dado buenos resultados en ciudades de todo el mundo, pero también en las ciudades mexicanas, durante buena parte de su historia.

La construcción de carreteras para automóviles privados representa el mayor gasto que afrontan los gobiernos mexicanos en transporte urbano. Aunque el Metro o los autobuses de tránsito rápido (BRT, por sus siglas en inglés) son más costosos por carril-kilómetro, son más baratos por pasajeros transportados; de igual forma, las ciclovías son mucho menos costosas en todos los sentidos. Al fomentar la inversión en transporte masivo e infraestructura para movilidad sustentable, en lugar de carreteras, los estados y ciudades mexicanos tendrán más recursos para destinarlos a otros usos o para reducir impuestos.⁴ Adicionalmente, las familias mexicanas reducirán su gasto en combustible y vehículos privados, con lo que tendrán la libertad de invertir más en otras áreas de su vida. De igual manera, al proteger a nuestro planeta de los peores impactos del cambio climático, haremos posible que el país prospere por mucho tiempo en el futuro.

AGRADECIMIENTOS

AUTORES PRINCIPALES:

Lewis Fulton **Universidad de California, Davis**
Director de Vías Energéticas para el Transporte Sostenible

D. Taylor Reich **Instituto de Política de Transporte y Desarrollo (Global)**
Director de Ciencia de Datos

Emilio Romero **Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (México)**
Coordinador de Desarrollo Urbano

AUTORES DE APOYO:

Manuel Blanco **Instituto de Política de Transporte y Desarrollo (Global)**
Pasante de datos de transporte

Santiago Fernández **Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (México)**
Director de Desarrollo Urbano e Investigación

Alejandro Lerma **Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (México)**
Analista de políticas públicas

Farhana Sharmin **Universidad de California, Davis**
Estudiante de posgrado- investigadora

Naomi Varinois **Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (México)**
Analista de políticas públicas

REVISORES:

Luisa Sierra Brozon **Iniciativa Climática de México**
Directora de Energía

Rodrigo Díaz **Instituto de Recursos Mundiales**
Director de Movilidad

Gustavo Jiménez **Grupo Emobilitas**
Director Ejecutivo

Ma. Isabel Studer **Sostenibilidad Global A.C.**
Directora fundadora

FOTO DE PORTADA:
Eduardo Pesado y
Diego Albarrán



CONTENIDOS

| | |
|--|-----------|
| 1. Antecedentes | 7 |
| 2. Cuatro escenarios | 7 |
| 3. Metodología | 13 |
| 3.1. Estructuración del modelo | 13 |
| 3.2. Definición de escenarios | 13 |
| 3.2.1. Escenarios para las tasas de electrificación | 14 |
| 3.2.2. Escenarios para los índices de cambio de modo | 14 |
| 4. Compatibilidad del escenario con los compromisos climáticos de México | 19 |
| 4.1. Objetivos climáticos de EE.UU. | 19 |
| 4.2. Impactos del escenario sobre las emisiones del transporte | 19 |
| 4.3. El cambio de modo reduce la dependencia de la descarbonización de la red | 22 |
| 5. Impacto del escenario en el consumo de electricidad | 24 |
| 6. Gastos directos públicos y privados en cada escenario | 25 |
| 7. Objetivos mensurables para el transporte urbano de pasajeros | 26 |
| 7.1. Objetivos de la electrificación | 26 |
| 7.2. Objetivos para el uso del suelo | 27 |
| 7.3. Objetivos para las infraestructuras de transporte | 27 |
| Apéndice A: Agenda política básica | 29 |
| 1. Electrificar el transporte mediante políticas, incentivos e infraestructuras | 29 |
| A. Nivel federal | 29 |
| B. Nivel estatal | 30 |
| C. Ámbito local | 30 |
| 2. Reformar la política de uso del suelo, actualizar las leyes de zonificación e incentivar el desarrollo sostenible, de uso mixto y orientado al transporte | 30 |
| A. Nivel federal | 30 |
| B. Nivel estatal | 31 |
| C. Ámbito local | 31 |
| 3. Apoyar el cambio modal optimizando el uso del espacio vial con los desplazamientos a pie, en bicicleta y en transporte público | 31 |
| A. Nivel federal | 31 |
| B. Nivel estatal | 32 |
| C. Ámbito local | 33 |
| Apéndice B: Imaginando ciudades compactas electrificadas en EE.UU. | 34 |
| Apéndice C: Documentación metodológica | 36 |

1 ANTECEDENTES

Este estudio es la culminación de una década de colaboración entre el ITDP y la Universidad de California, Davis⁵ para la modelación del transporte urbano y suburbano de pasajeros. El presente estudio marca la primera vez que el modelo es utilizado para publicar resultados analíticos de países individuales, México y algunos otros.

Al igual que el estudio anterior, *The Compact City Scenario-Electrified*, la presente publicación compara las implicaciones económicas y medioambientales de cuatro escenarios para el futuro del transporte urbano de pasajeros: 1) escenario base, 2) electrificación intensiva, 3) cambio modal intensivo y 4) la combinación de los dos últimos. Mientras que el informe anterior se centraba en los cuatro escenarios a nivel global, este estudio describe las especificidades para México. Además de cuantificar las emisiones de GEI que supondría cada escenario, también hemos estimado los gastos —o ahorros— de infraestructura que se derivarían de cada uno para el futuro del país. Estos resultados proporcionan una “hoja de ruta” sobre cómo podrían materializarse esos escenarios.

2 CUATRO ESCENARIOS

Al igual que el estudio global y los informes paralelos para otros países, esta investigación analiza cuatro escenarios para el transporte urbano de pasajeros en México hacia 2050 (figura C). Comenzamos por describirlos cualitativamente, incluyendo un resumen de sus impactos en factores que quedan fuera del alcance de nuestro análisis de modelado, como la salud pública y la inclusión económica. En la sección 3 (página 13), definimos estos escenarios cuantitativamente para la modelación.

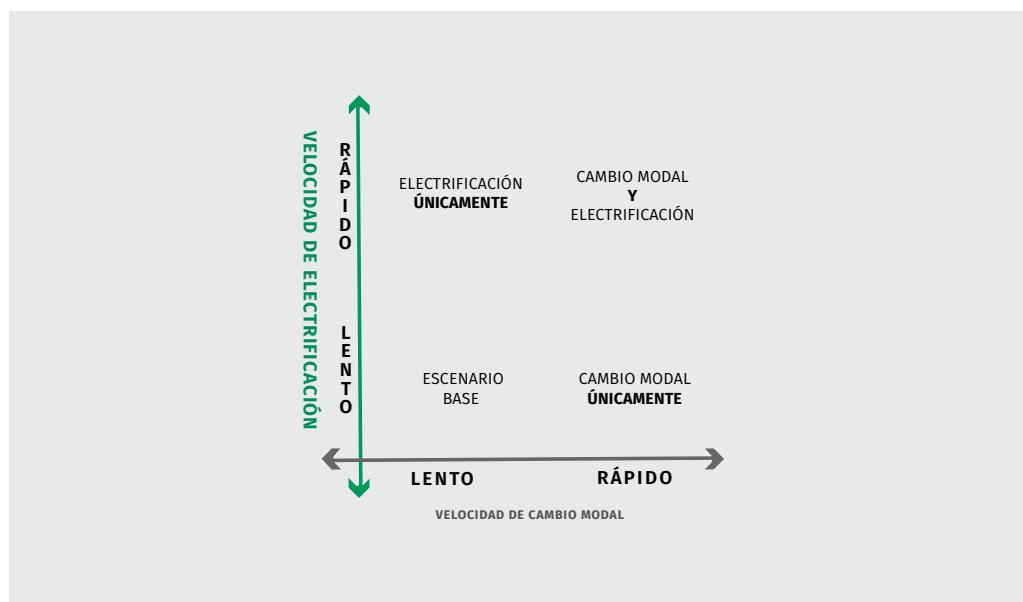


Figura C.
Diagrama de
escenarios

ESCENARIO BASE



Suposiciones:

- México mantiene su trayectoria actual. Aumentan los viajes en vehículos motorizados privados, que siguen siendo responsables de alrededor de 50 % de los viajes urbanos de pasajeros; pero aumentan alrededor de 25 %, en términos de km por persona.

Impactos cualitativos:

- ➡ Aumento de las víctimas mortales de siniestros viales¹
- ➡ Costos directos públicos y privados elevados²
- ➡ Aumento de la brecha en el acceso a las oportunidades entre las personas con y sin automóvil privado, lo que posiblemente conduzca a un incremento en la desigualdad económica³
- ➡ Aumento de la contaminación atmosférica local, causante de muchas muertes prematuras y del incremento de los costos sanitarios⁴
- ➡ Aumento en la inversión para vías primarias urbanas y expansión suburbana, principalmente en ciudades de tamaño medio, con falta de desarrollo compacto y vertical⁵
- ➡ Aumento de las emisiones de carbono⁶

1 En la Ciudad de México ha aumentado en 19 % el número de las víctimas mortales de accidentes de tráfico en los últimos cinco años. Ver: Semovi (2024), Reporte trimestral de hechos de tránsito.

2 Por ejemplo, el gasto en infraestructuras viales por milla ha aumentado espectacularmente: Teniendo en cuenta la inflación, 8 millones de dólares por milla en los años sesenta se convirtieron en 30 millones de dólares por milla en los noventa. Véase: American Economic Association (2023), Infrastructure Costs.

3 Atlas Nacional de Equidad, Indicador: Acceso en coche.

4 A pesar de los grandes avances en la calidad del aire en EE.UU., en 2022, aproximadamente 85 millones de personas en todo el país vivían en condados con niveles de contaminación por encima de las Normas Nacionales de Calidad del Aire Ambiental. El aumento de fenómenos naturales como los incendios forestales, en parte debido al cambio climático, deteriorará aún más la calidad del aire. Véase Union of Concerned Scientists (2014), Vehicles, Air Pollution, and Human Health; United States Environmental Protection Agency (2023), Air Quality National Summary, 1980-2022.

5 SEDATU (2022), Política Nacional de Suelo.

6 Andrew Moseman, MIT Climate Portal (2022), ¿Son los vehículos eléctricos definitivamente mejores para el clima que los de gasolina? La respuesta es sí, aunque el grado de mejora depende de la fuente de electricidad y de las emisiones de fabricación. El escenario base fomentará el desarrollo orientado al automóvil, con un aumento limitado de las energías limpias.

ELECTRIFICACIÓN (ÚNICAMENTE)



Suposiciones:

- La electrificación avanza mucho más rápido de lo previsto actualmente. De acuerdo con el último borrador de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (2023)¹, en 2030, 50 % de los vehículos nuevos (coches, autobuses y vehículos de dos ruedas) serán eléctricos y, antes de 2050, la cifra alcanzará un 100 %.

Impactos cualitativos

- 👍 Fuerte reducción de las emisiones de carbono²
- 👍 Fuerte reducción de la contaminación atmosférica y del ruido local³
- 👍 Reducción de los costos de operación del transporte público y de muchos vehículos privados
- 👍 Beneficios en seguridad vial, si se incluye en los vehículos eléctricos tecnología como reguladores de velocidad o frenado automático
- 👎 Las repercusiones negativas de la inversión en infraestructura para el automóvil que se enumeran en la hipótesis del Escenario base también son aplicables
- 👎 Consumo de un suministro limitado de recursos estratégicos como minerales críticos, lo que suscita preocupaciones relacionadas con las industrias extractivas, la conservación y la cadena de suministro

Políticas clave

- Incentivos a la oferta y la demanda de vehículos eléctricos
- Normas de ahorro de combustible y emisiones de gases de efecto invernadero ambiciosas
- Reutilización y reciclado de baterías
- Colocación equitativa de puntos de recarga públicos normalizados para vehículos eléctricos (incluyendo los de dos ruedas)
- Ampliación de la red eléctrica y descarbonización
- Reducción gradual de los subsidios a los combustibles fósiles

1 El último borrador de 2023 aún no se ha adoptado como política nacional oficial. <https://www.cofemersimir.gob.mx/portales/resumen/55366666666666666666666666666666>

2 Con una electrificación elevada, las emisiones del transporte se reducirán drásticamente. Véase: Andrew Mosemen, Portal del Clima del MIT (2022), ¿Son los vehículos eléctricos definitivamente mejores para el clima que los de gasolina?

3 Tsoi et al. (2023), The co-benefits of electric mobility in reducing traffic noise and chemical air pollution: Insights from a transit-oriented city.

CAMBIO MODAL (ÚNICAMENTE)



Suposiciones:

- La planificación de ciudades compactas y el desarrollo se combinan con la reasignación tanto de fondos como de espacio en las calles para los viajes a pie, en bicicleta y en transporte público. En este caso, México reduce considerablemente la construcción de nuevas vías urbanas y, en su lugar, se centra en proporcionar viviendas más densas, en usos mixtos del suelo, en la adaptación de los servicios intraurbanos, en una mejor infraestructura de autobuses y en modos de movilidad sustentable en las vías existentes para aumentar la accesibilidad a las zonas periféricas de las ciudades. El total de viajes en coche (en km por persona) permanece constante, mientras que el porcentaje de viajes en coche disminuye drásticamente.

Impactos cualitativos:

- 👍 Reducción de las muertes por siniestros viales¹
- 👍 Mayor acceso a las oportunidades, especialmente para las personas con bajos ingresos y otros grupos que sufren segregación espacial: personas con discapacidad y ancianos o jóvenes²
- 👍 Aumento de los viajes a pie y en bicicleta, que mejoran la salud física y mental y reducen los costos sanitarios³
- 👎 Alta contaminación atmosférica y de ruido local de los vehículos de combustión interna (ICE) en relación con la *electrificación (únicamente)*

Políticas clave:

- Reasignación de los presupuestos de inversión en transporte hacia obras relacionadas con infraestructura dedicada a viajes a pie, en bicicleta y en transporte público
- Rediseño de calles para sustituir los carriles de circulación y estacionamientos por carriles BRT y ciclovías con protección física y aceras
- Promoción de la movilidad en bicicleta, especialmente de las bicicletas eléctricas compartidas
- El diseño de la infraestructura para peatones y ciclistas fomenta los viajes seguros y cómodos, incluidas las adaptaciones a distintas condiciones climáticas
- Reformas y actualización de normativa e instrumentos de planeación territorial con una perspectiva de inclusión para promover un desarrollo que tenga en cuenta opciones de vivienda asequible y usos mixtos del suelo

1 Smart Growth America & The National Complete Streets Coalition (2022), *Dangerous by Design*.

2 Véase: Biblioteca Nacional de Medicina (2023), *¿Ayuda el paradigma de la ciudad compacta a reducir la pobreza? Obsérvese que resulta más eficaz para mitigar la pobreza en combinación con medidas de asequibilidad de la vivienda;* véase también Urban Institute (s. f.), *Causas y consecuencias: Barrios separados y desiguales*.

3 Matthew Raifman et al. (2021), *Implicaciones en la mortalidad del aumento de la movilidad activa para un programa regional propuesto de tope e inversión en emisiones del transporte.*

ELECTRIFICACIÓN + CAMBIO MODAL



Suposiciones:

- Ciudades compactas y políticas para evitar el aumento del automóvil privado, combinadas con una rápida electrificación de vehículos: *Electrificación y cambio modal juntos*.

Impactos cualitativos:

- 👉 Reducción de las víctimas mortales de siniestros viales¹
- 👉 Mayor acceso a las oportunidades para todas las personas
- 👉 Aumento de los viajes a pie y en bicicleta, que mejoran la salud física y mental y reducen los costos sanitarios
- 👉 Gran reducción de la contaminación atmosférica y del ruido local
- 👉 Reducción masiva de las emisiones de carbono, coherente con los objetivos del Acuerdo de París

Políticas clave:

- Todas las políticas enumeradas para *Electrificación (únicamente) y para Cambio Modal (únicamente)*, excepto la creación de nuevas vía primarias urbanas
- Creación de zonas de bajas emisiones para incentivar tanto el cambio modal como la electrificación de los vehículos

Alcanzar los escenarios de Electrificación o Cambio modal requerirá cambios profundos y desafiantes en la política mexicana. Sin embargo, estos son posibles bajo la actual estructura política y económica de México. Un obstáculo clave para lograrlo es el aumento de la población y de los ingresos, que puede implicar un mayor uso de los vehículos privados.

Para alcanzar esta meta, se necesita voluntad política, a fin de mejorar los sistemas de movilidad, de modo que el transporte público, los viajes a pie y en bicicleta resulten más convenientes y atractivos que el uso del automóvil. De esta forma se lograría que, aunque una mayor parte de la población obtenga los ingresos para adquirir un coche, las personas sigan optando por desplazarse en modos de transporte sostenibles. Esta mejora implicará reestructurar cómo se asignan los presupuestos de inversión en transporte, cómo se utiliza el espacio de las calles, cómo se regulan los viajes en vehículos privados y cómo se aplican los impuestos y los subsidios a los vehículos y al combustible. Son cambios graduales que pueden alcanzarse en el sistema actual.

En el Apéndice B, prevemos una narrativa para el escenario *Electrificación + Cambio modal* visualizando cómo se vería la implementación de este escenario en la ciudad de Monterrey, México.

3 METODOLOGÍA

Este estudio utiliza la misma metodología que el Escenario de *Ciudad Compacta-Electrificada* de 2021 y los demás estudios a nivel nacional de 2023/2024 publicados por ITDP y la Universidad de California, Davis. En cada estudio definimos cuatro escenarios y estimamos sus impactos con los mismos métodos de modelación.

La aplicación de este modelo en México se revisó por expertos de diversas instituciones nacionales especializadas. Sus nombres y afiliación se encuentran en la portada de este informe. Para una descripción más detallada de la metodología, incluido un conjunto completo de datos, se puede consultar el apéndice metodológico adjunto.

3.1. Estructuración del modelo

Nuestro estudio se limita al transporte urbano de pasajeros y no incluye los viajes interurbanos o rurales ni el transporte de mercancías de ningún tipo. Definimos “urbano” basándonos en los datos de las Naciones Unidas, por lo que incluimos todas las áreas urbanas o suburbanas de 300 mil habitantes o más.⁶ Esta definición abarca alrededor de 80 % de la población mexicana.⁷ Otras investigaciones muestran que tanto la electrificación como el cambio modal serán necesarios para descarbonizar el transporte rural/interurbano⁸ y de mercancías,⁹ y este enfoque permite modelar los viajes urbanos y suburbanos con mayor precisión.

El modelo está calibrado con datos estándar de la industria del *Modelo de Movilidad*¹⁰ de la Agencia Internacional de Energía, excepto cuando se dispone de datos más detallados para México. El reparto modal del año base se determinó utilizando datos específicos del país, basados en la encuesta intercensal de 2015 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). Esta calibración determina la estimación de las condiciones en el año base, la proyección del Escenario base y factores de emisión, intensidades de emisión de combustibles y costos.

Este método general de modelación se revisó en el marco de la publicación 2021,¹¹ la cual ofrece una comparación de alto nivel de diferentes escenarios. El resultado es relevante para el transporte urbano de personas usuarias en general, en vez de centrarse en una serie de políticas concretas.

3.2. Definición de escenarios

Después de establecer el alcance y calibrar el modelo, el siguiente paso es definir cuantitativamente los cuatro escenarios para el transporte urbano de pasajeros en México que se describieron a partir de la página 7. Estos escenarios no pretenden definir con precisión las únicas opciones para el futuro del sector, sino dar una idea de las trayectorias generales posibles para el transporte urbano de pasajeros. Para ello, se partió del año base 2015,¹² con miras hacia puntos temporales futuros en 2030 y 2050.

Para la electrificación, nuestras previsiones se expresan en términos del porcentaje de vehículos nuevos eléctricos. Los escenarios base y de Cambio modal comparten las tasas más bajas de electrificación; mientras que los de *Electrificación* y *Electrificación + cambio modal* comparten las tasas más elevadas.

Puede que se vendan menos coches nuevos al año en el escenario *Cambio modal*, pero el mismo porcentaje de esos coches son eléctricos. Del mismo modo, la distribución modal y las actividades de viaje (definidas en términos de kilómetros recorridos por las personas en diferentes modos) son idénticas en los *escenarios base* y *Electrificación*, con niveles más altos de uso del coche. También son idénticos en los escenarios de *Cambio modal* y *Electrificación + Cambio modal*, con niveles más bajos de uso del coche.

6 Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas (2018), *Perspectivas de la urbanización mundial*.

7 La definición de la ONU puede diferir de otras, como la del Instituto Nacional de Estadística y Geografía en México.

8 Foro Internacional del Transporte: OCDE (2023), *ITF Transport Outlook 2023*.

9 Lynn H Kaack, *Environmental Research Letters* (2018), *Decarbonizing intraregional freight systems with a focus on modal shift*.

10 El *Modelo de Movilidad* sólo está disponible bajo una licencia cerrada, y el conjunto completo de datos no puede compartirse. Sin embargo, todas las variables relevantes para México están incluidas en el Apéndice Metodológico y pueden ser revisadas allí.

11 ITDP y UC Davis (2021), *The Compact City Scenario-Electrified*.

12 Seleccionados por disponibilidad de datos y compatibilidad entre estudios hermanos, así como para evitar distorsiones debidas al COVID-19.

Tras definir estos escenarios, estimaremos sus implicaciones. Basándonos en el tamaño de las flotas de vehículos y en la cantidad de actividad por vehículo, estimamos para cada escenario las emisiones de gases de efecto invernadero¹³ (sección 4), el consumo de energía (sección 5) y las cantidades y costos totales de infraestructura, vehículos, combustible y funcionamiento (sección 6).

- 3.2.1. Escenarios para las tasas de electrificación**
- Los escenarios base y *Cambio modal* siguen las mismas proyecciones para el porcentaje de vehículos nuevos eléctricos, desglosado por año y tipo de vehículo: *las cuotas de ventas*. En estos escenarios, nuestras proyecciones pretenden alinearse con la trayectoria actual del país, por lo cual consideran las tendencias actuales del mercado, incluidas las nuevas ventas totales de vehículos eléctricos e híbridos, que en los últimos años han representado en torno al 4.5% de las ventas totales.¹⁴

Los escenarios de *Electrificación* y *Electrificación + Cambio modal* siguen proyecciones de cuota de ventas coherentes con el último borrador de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica y la Contribución Determinada a Nivel Nacional de México,¹⁵ alineadas con el Acuerdo de Glasgow en la COP27.¹⁶ También coinciden con los objetivos modelados en un informe reciente de la Iniciativa Climática de México.¹⁷

| Porcentaje de ventas de vehículos nuevos eléctricos (en lugar de combustión interna) ¹⁸ | | | | | | |
|---|--|------|------|---|------|------|
| | Escenario base y Cambio modal (únicamente) | | | Electrificación (únicamente) y Electrificación + Cambio modal | | |
| | 2015 | 2030 | 2050 | 2015 | 2030 | 2050 |
| LDV (turismos y camiones ligeros) | 0% | 25% | 50% | 0% | 50% | 100% |
| Vehículos de dos ruedas/ motos (excluidas las bicicletas eléctricas) | 0% | 25% | 50% | 0% | 50% | 100% |
| Autobuses | 0% | 25% | 50% | 0% | 50% | 100% |

Figura D.
Tasas de electrificación por tipo de vehículo, año y escenario

3.2.2. Escenarios para el cambio modal

Los escenarios base y *Electrificación* parten de repartos modales del año base (2015) calibrados con datos de la encuesta intercensal de 2015, realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). Para los años futuros, las distribuciones modales se proyectaron hacia adelante a partir de esa línea base, de acuerdo con las proyecciones de actividad de viajes basadas en los números del Modelo de Movilidad para México de la Agencia Internacional de Energía (AIE), estándar de la industria. Esto incluye proyecciones futuras de desgloses de viajes por modo (figuras F y G).

Los escenarios de *Cambio modal* y *Electrificación + Cambio modal* siguen nuestros propios cálculos, en dos pasos. En primer lugar, proyectamos las posibles densidades urbanas futuras en México bajo una política de máxima viabilidad para promover ciudades compactas y de uso mixto. En segundo lugar, identificamos la sustitución máxima factible de viajes en automóvil y motocicleta por viajes a pie, en bicicleta, transporte público y teletrabajo o viajes más cortos, incluyendo un factor para mostrar cómo el cambio modal puede lograrse más fácilmente en ciudades compactas. Para más detalles sobre este proceso de modelación, véase el apéndice metodológico.

¹³ Incluidas las emisiones procedentes no sólo de la producción y consumo de combustible o electricidad, sino también de la fabricación y eliminación de vehículos y de la construcción y mantenimiento de infraestructuras.

¹⁴ Inegi (2022), Registro administrativo de la industria automotriz de vehículos ligeros.

¹⁵ Comunicado de prensa de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (8 de noviembre de 2022), México anunciará en la COP27 el incremento de sus ambiciones climáticas.

¹⁶ Documento político del Gobierno británico (2022), declaración de la COP26 sobre la aceleración de la transición hacia coches y furgonetas 100% cero emisiones.

¹⁷ Iniciativa Climática de México (2023), Ruta Emisiones Netas Cero para México 2060, desde Sociedad Civil.

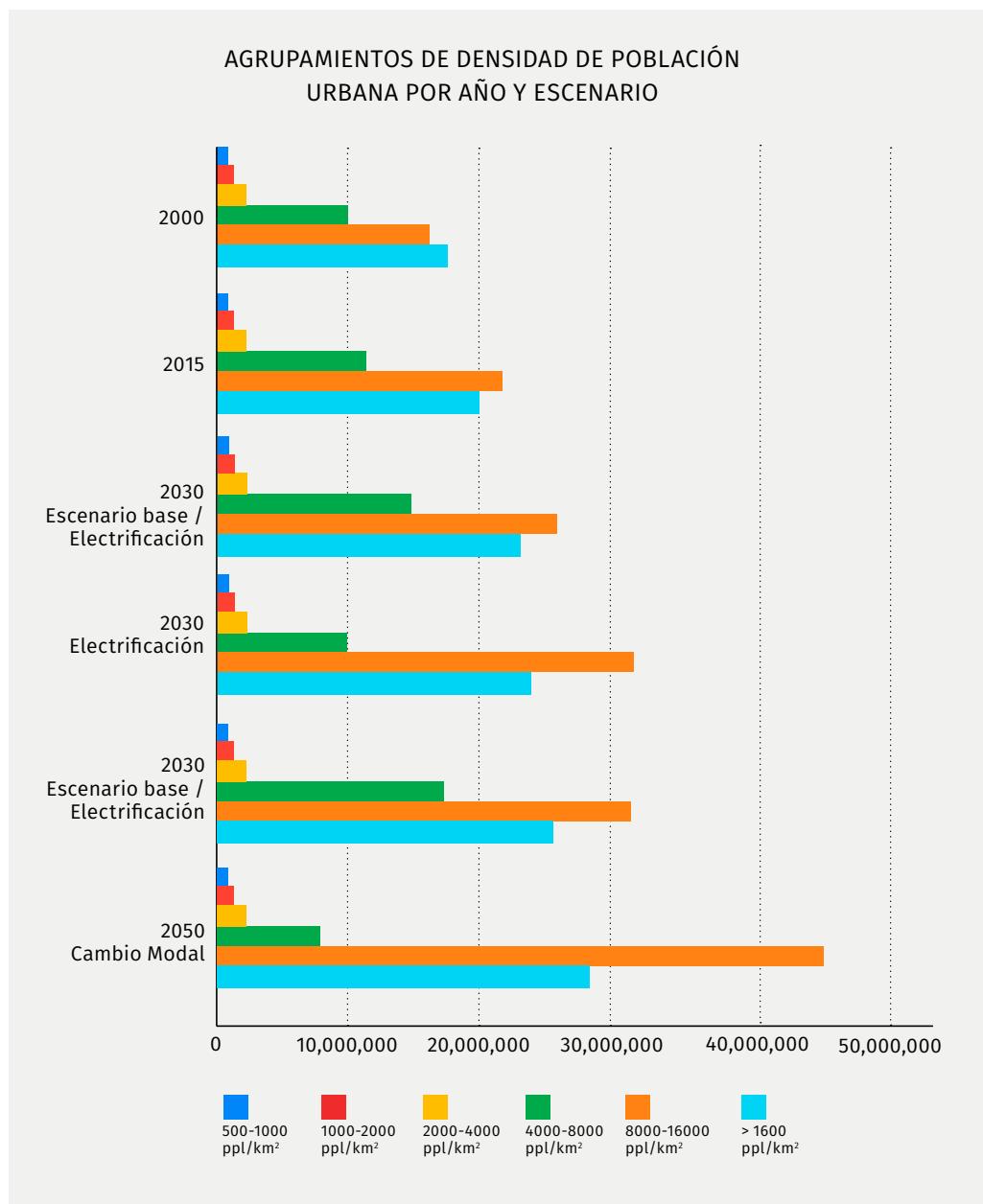
¹⁸ Los híbridos enchufables se tratan como "semieléctricos" en el modelo, en lugar de darles su propia categoría. Por ejemplo, 1000 vehículos híbridos enchufables contaría como 500 vehículos eléctricos y 500 vehículos de combustión interna. Los híbridos convencionales se incluyen en las estimaciones generales de la eficiencia de combustible de la flota de combustión interna.

El primer paso del cálculo se basa en datos de la Capa Global de Asentamientos Humanos de la Comisión Europea para México:¹⁹ se identificaron las tendencias actuales de la densidad urbana y, a continuación, se proyectó también un escenario de *ciudades compactas* en el que diversas políticas se unen para lograr el impacto que a continuación se describe.

Las ciudades de México detienen inmediatamente su expansión horizontal, sin consumir nuevo suelo no urbanizado. El crecimiento demográfico se concentra en zonas intraurbanas que actualmente tienen menos de 8,000 habitantes por km² para llevarlas a una población superior a ese nivel. Este umbral es arbitrario, pero refleja un punto general en el que resulta factible dar servicio de transporte público a las zonas urbanas. El enfoque de modelación pretende representar una densificación que podría lograrse con actualizaciones de la zonificación que permitieran la construcción multifamiliar (sin requisitos mínimos de estacionamiento) en todo el suelo urbano.

Esta densificación pretende representar la máxima modificación del uso del suelo que puede lograrse sin que nadie tenga que abandonar su vivienda actual. Sólo proporcionará nuevas opciones: la densificación se promoverá idealmente en barrios céntricos y en lugares con acceso a redes de transporte masivo. Actualmente, las zonas suburbanas son diversas y concentran viviendas unifamiliares en expansión y también asentamientos informales con altas densidades. Es necesario promover la vivienda asequible cerca del transporte público y en barrios céntricos para ofrecer alternativas a grupos vulnerables.

En las proyecciones del Escenario base, la mayor parte del crecimiento demográfico se produce en zonas que ya son densamente transitables a pie, con más de 8,000 personas por km². Sin embargo, se observa un ligero crecimiento en zonas más dispersas, de modo que en 2050 unos 25 millones de mexicanos vivirán en zonas con una densidad inferior a 8,000 habitantes/km² (frente a los 20 millones actuales). En las proyecciones de Cambio modal, ese crecimiento se reorienta de modo que sólo unos 14 millones de mexicanos vivirán en entornos urbanos tan dispersos. Algunas de estas zonas de baja densidad son suburbios ricos, otras son zonas periurbanas más degradadas donde las personas con bajos ingresos pueden ser usuarios “cautivos” del transporte público. En cualquier caso, las zonas de baja densidad son los lugares donde la gente tiene más incentivos para comprar y utilizar el coche en cuanto sus ingresos se lo permiten.



En un segundo paso, tras estimar las densidades futuras, utilizamos las densidades urbanas potenciales proyectadas para identificar las reducciones máximas factibles de los viajes en automóvil y motocicleta. En comunidades más compactas, será más fácil sustituir los viajes en coche por otros modos de transporte. Estimamos que será posible evitar el crecimiento de los viajes en coche y en moto, manteniéndolos casi constantes (medidos por el total de personas-km recorridos) para 2050. La demanda global de viajes seguirá creciendo rápidamente, pero el aumento de estos, se dirigirá a otros medios de transporte, en lugar de a automóviles y motocicletas.

La redistribución específica de estos viajes a otros modos se basó en el mismo patrón utilizado en otros informes nacionales de *Ciudades Compactas Electrificadas* y fue aprobado por los revisores especialistas de México enumerados en la página 5. En el apéndice metodológico se pueden encontrar más detalles. Los resultados de este cálculo son un cambio modal relativo a la situación del *Escenario base*, que se muestra en las figuras F y G.

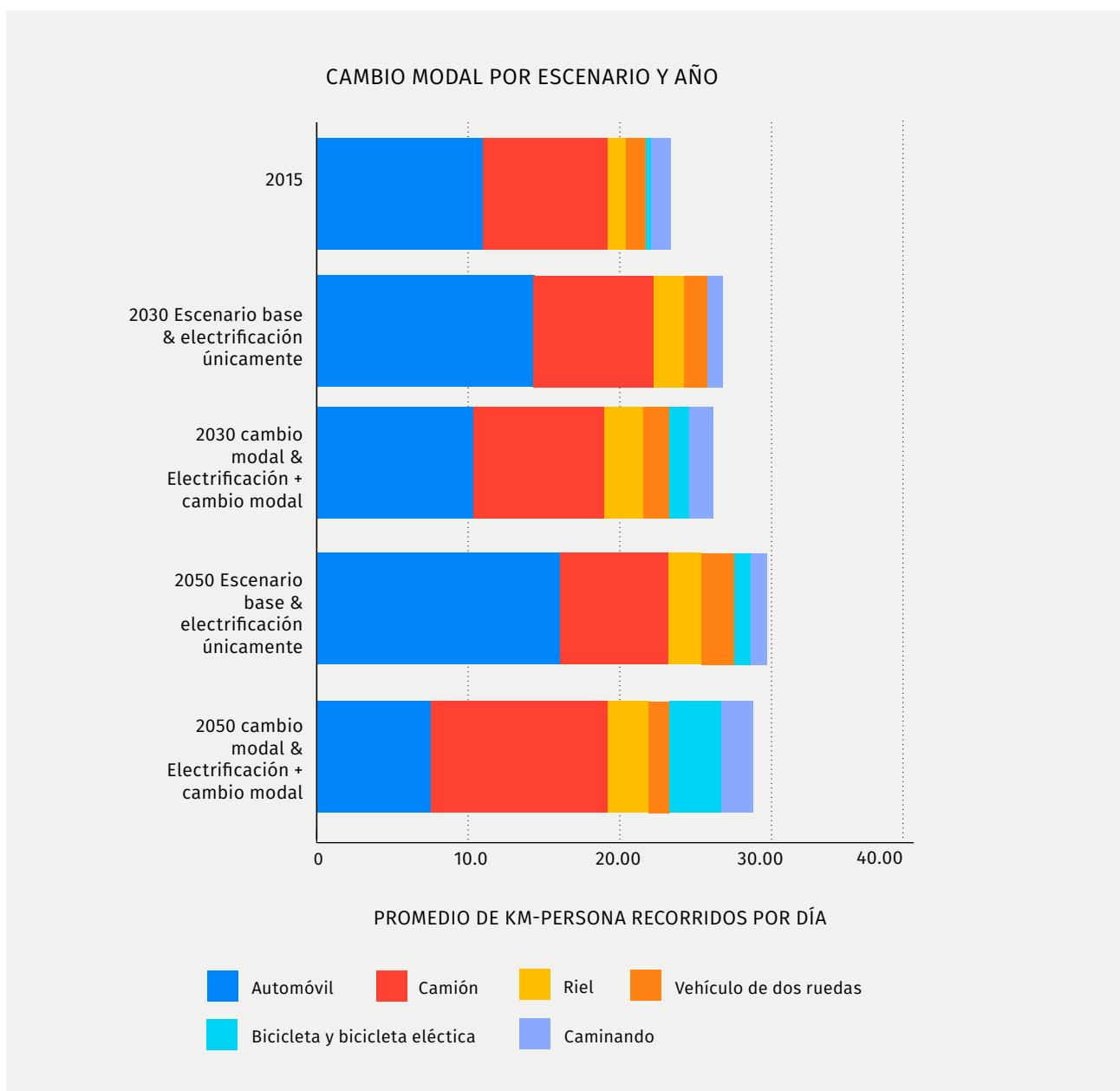


Figura F.
Reparto modal por escenario y año²⁰

Figura G.
Distribución modal
por porcentaje
de viajes

| Reparto modal por escenario y año (por persona-km recorridos, en lugar de por viaje; independiente de la actividad general de viajes, que crece con el tiempo) | | | | | |
|--|------------------|---|---|---|--|
| | Año base 2015 | 2030 Escenario base y Electrificación (únicamente) | 2030 Cambio modal (únicamente) y Electrificación + Cambio modal | 2050 Escenario base y Electrificación (únicamente) | 2050 Cambio modal (únicamente) y Electrificación + Cambio modal |
| Coche | 47% | 48% | 42% | 55% | 27% |
| Autobús | 39% | 35% | 39% | 27% | 45% |
| Ferrocarril | 4% | 6% | 7% | 5% | 7% |
| Dos ruedas | 4% | 4% | 4% | 6% | 3% |
| Bicicleta | 2% | 2% | 4% | 3% | 11% |
| Viajes a pie | 4% | 4% | 5% | 3% | 7% |

Estos escenarios requerirán inversiones sustancialmente diferentes en infraestructura (kilómetros de ferrocarril, carriles para autobús, carreteras y ciclovías) y en flotas de vehículos; las estimaciones se muestran en la sección 7.3.

Es importante señalar que las cifras mostradas en la figura G reflejan el porcentaje de persona-km recorridos por cada modo, no el porcentaje total de viajes. De hecho, el porcentaje de viajes en coche es mucho menor en todos los escenarios y años (el Inegi indica que alrededor de 24 % de los viajes se realizaron en coche en 2015, considerando una media ponderada de los viajes al colegio y al trabajo en las mayores áreas metropolitanas). Como los viajes en coche tienden a ser mucho más largos que los viajes en transporte público o a pie o en bicicleta, la proporción de pasajeros-km es muy diferente.

En resumen, el *Cambio modal* 2050 es un escenario ambicioso. Creemos que será factible que México evite un aumento de los km por persona viajados en coche, pero requerirá una inversión significativa en transporte público y modos de movilidad sostenible, así como una amplia gama de consideraciones políticas (incluidas en el Apéndice A).

4

COMPATIBILIDAD DEL ESCENARIO CON LOS COMPROMISOS CLIMÁTICOS DE MÉXICO

Los compromisos de México en materia de reducción de gases de efecto invernadero son ambiciosos. Nuestro modelo muestra que las metas de descarbonización del país en el sector del transporte urbano de pasajeros no pueden alcanzarse únicamente con la electrificación o con el *cambio modal*, sino que se requieren ambas estrategias de forma conjunta.

4.1. Objetivos climáticos de México

En 2022, México actualizó sus objetivos de mitigación del cambio climático, fijándose como meta una reducción de 35 % de las emisiones de gases de efecto invernadero para 2030, una cifra significativamente superior a la anterior reducción de 22 % propuesta en 2020. Si se consigue apoyo externo, México se ha comprometido a superar ese objetivo y alcanzar una reducción más ambiciosa: 40 % de GEI para 2030.²¹

En todos los sectores económicos se han identificado 35 medidas para alcanzar dichos objetivos; éstas se han clasificado en tres grupos: soluciones naturales, transporte con bajas emisiones de carbono y regulación industrial. Se prevé que estas medidas produzcan una mitigación anual total estimada de 88.9 millones de toneladas equivalentes de dióxido de carbono (MtCO₂e), de aquí a 2030.

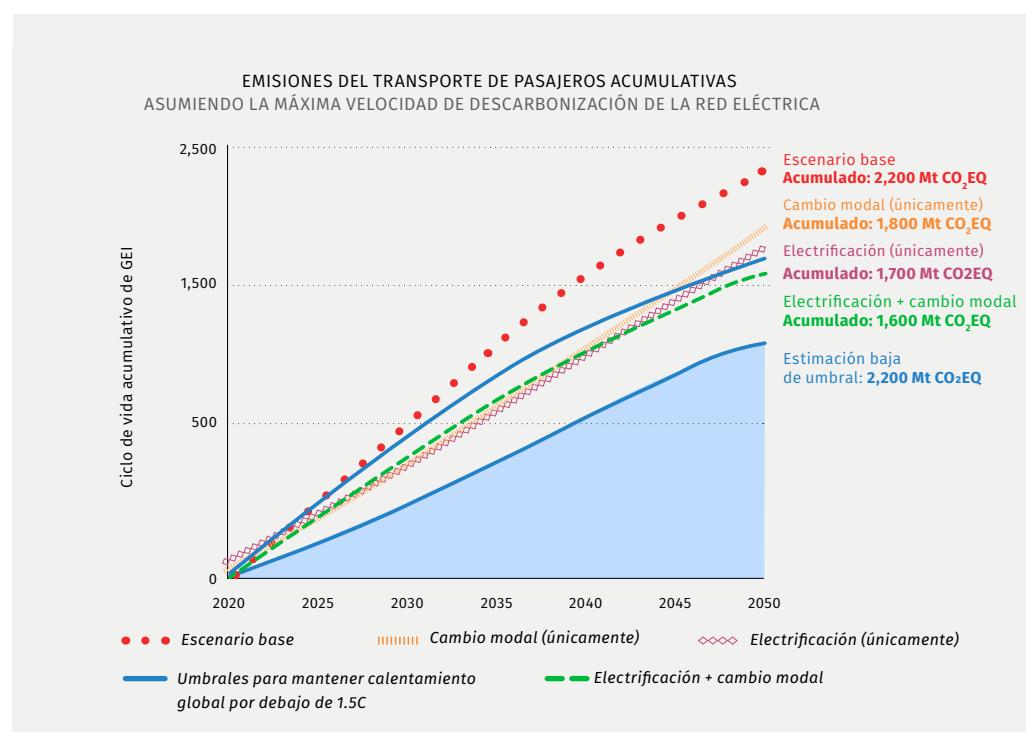
En el sector del transporte, en consonancia con los compromisos de la COP26 de Glasgow de poner fin a la venta de vehículos nuevos con motor de combustión interna para 2040, México está intensificando sus esfuerzos para avanzar en la venta de vehículos eléctricos, en colaboración con el sector privado y las ciudades de todo el país.

El gobierno mexicano no ha establecido una política o un objetivo oficial de emisiones netas cero. Sin embargo, desde Iniciativa Climática de México se han realizado esfuerzos para establecer una Trayectoria de Emisiones Netas Cero para México 2060.²² En este sentido, se propone el año 2060 como el plazo más corto posible para alcanzar este objetivo.

Esta ruta tiene importantes consideraciones en relación con la energía eléctrica, pues establece que, para alcanzar el objetivo de emisiones netas cero, a partir de 2027, no deben instalarse nuevas centrales de generación de electricidad que utilicen combustibles fósiles. Igualmente, se debe descarbonizar la electricidad hasta alcanzar una matriz de generación de energía limpia y renovable de 88 %. En cuanto al sector del transporte, establece que en 2060 los vehículos eléctricos deberán representar 92 % de la flota nacional. Además, el fomento de la movilidad no motorizada y las mejoras en el diseño y la planificación de las ciudades también se consideran medidas clave para alcanzar las emisiones netas cero para 2060.

4.2. Impactos del escenario sobre las emisiones del transporte

Figura H.
Emisiones de gases de efecto invernadero por escenario



21 PNUD, México. Disponible en <https://climatepromise.undp.org/what-we-do/where-we-work/mexico>.

22 Iniciativa Climática de México (2023), Ruta Emisiones Netas Cero para México 2060, desde Sociedad Civil.

Aunque tanto el escenario de *Electrificación* como el de *Cambio modal* reducirían considerablemente las emisiones de GEI, sólo el escenario combinado de *Electrificación + Cambio modal* se acerca a mantener las emisiones acumuladas del transporte urbano de pasajeros dentro de un nivel potencialmente compatible con la limitación del cambio climático a 1.5 °C en este siglo. Así lo muestra el área bajo la curva azul del umbral²³ en la figura H.²⁴ Para reflejar la incertidumbre en los cálculos del presupuesto de carbono, hemos incluido estimaciones “altas” y “bajas” del umbral que no debe superarse para mantenernos potencialmente dentro de 1.5 °C (suponiendo una descarbonización equivalente en todos los sectores y países): incluso el escenario más optimista de *Electrificación + Cambio modal* apenas entra dentro de ese margen de error.

Electrificación + Cambio modal es el único escenario que se acerca a mantener el calentamiento global dentro de los objetivos del Acuerdo de París, y es el único que alcanza emisiones netas cero para 2060, el objetivo explorado por ICM.²⁵

Cambio modal y *Electrificación + Cambio modal* son también los únicos escenarios que se acercan al objetivo de las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC), asumidas por México en el Acuerdo de París, de lograr una reducción de 35 % de las emisiones de GEI para 2030. La figura I muestra que el escenario *Electrificación + Cambio modal* ofrece una reducción de 18 % de las emisiones con respecto a 2015, o una reducción de 12 % con respecto a 2030 sin cambios, mientras que el resto de los escenarios ofrece mejoras menos ambiciosas. Esperar una descarbonización más amplia que ésta en el sector del transporte urbano de pasajeros es ambicioso; quizás la descarbonización adicional pueda venir de otros sectores de la economía mexicana. La figura J muestra que la reducción de emisiones en todos los escenarios es mucho mayor en 2050.

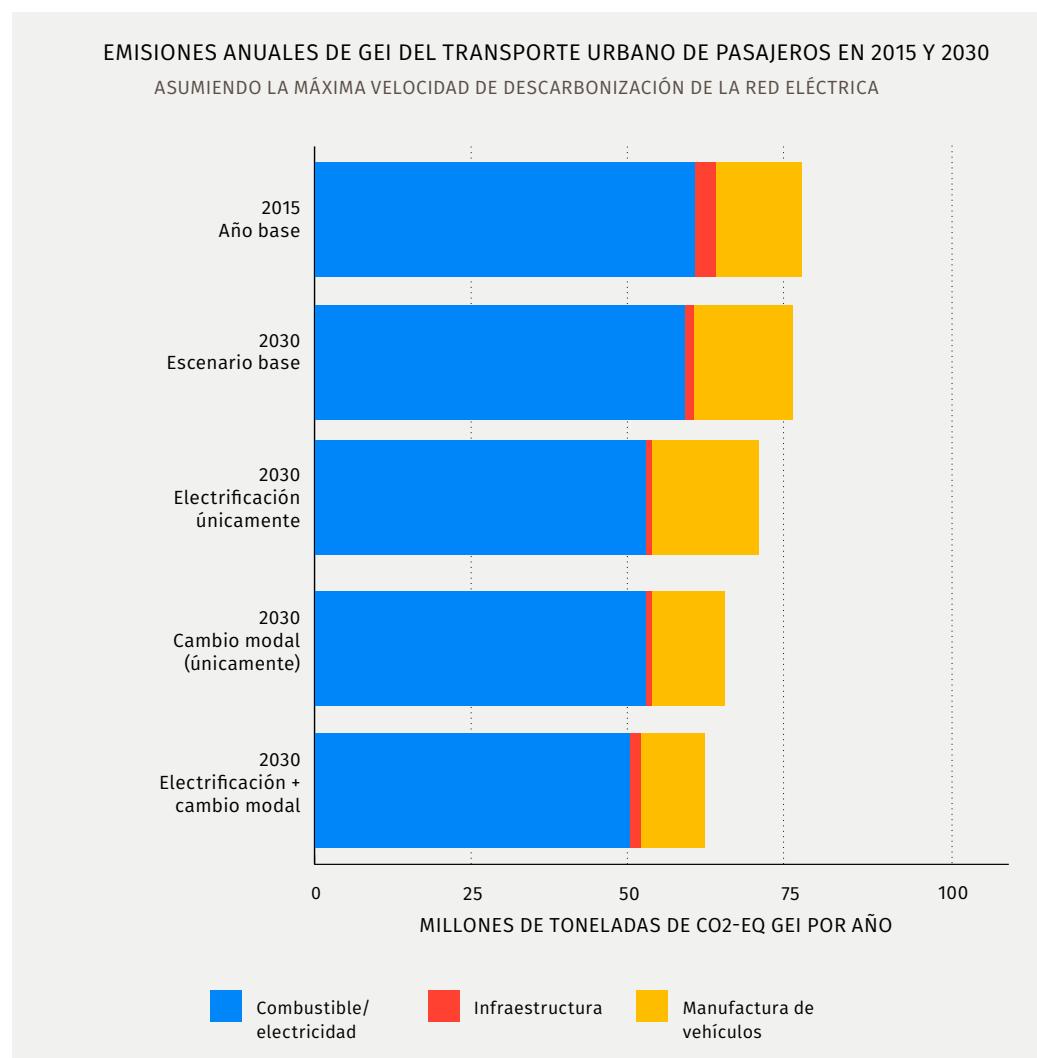
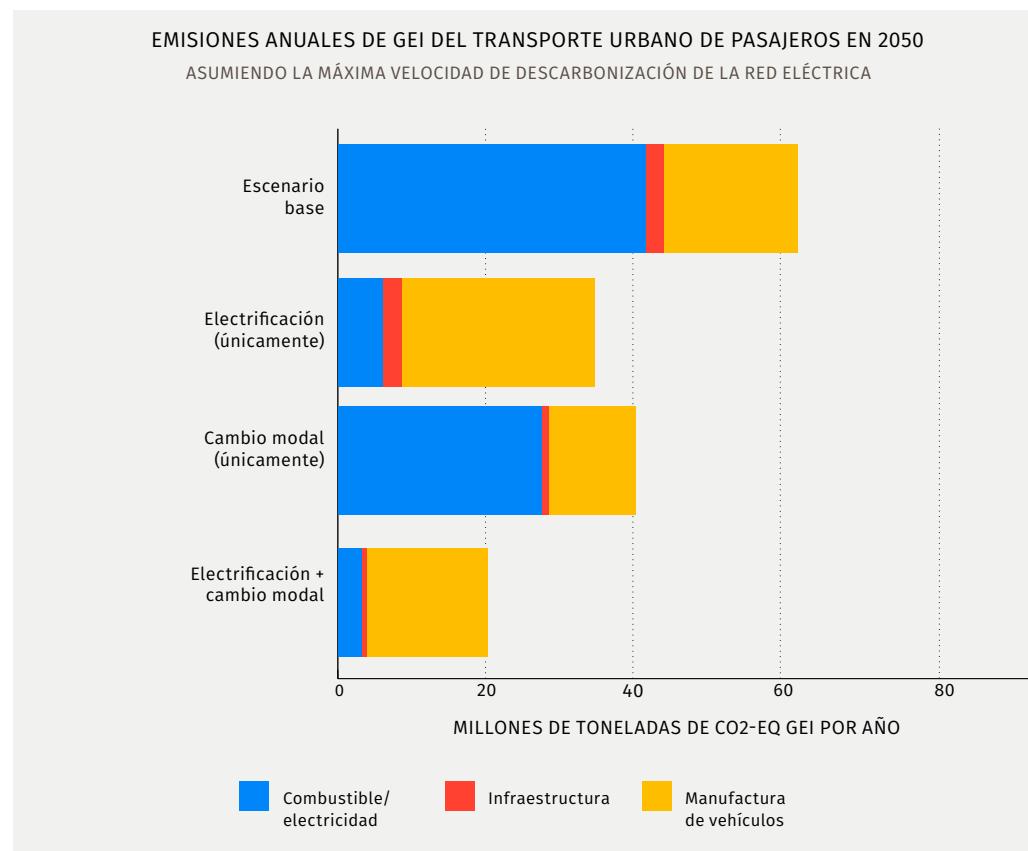


Figura I.
Emisiones anuales de GEI por escenario y fuente, en 2015 y 2030

²³ Los presupuestos de carbono se asignan en función de la relación entre las emisiones acumuladas de EE.UU., en el escenario sin cambios, y las emisiones mundiales en el escenario sin cambios. Para más detalles, véase el Apéndice metodológico.

²⁴ Nota: nuestro análisis muestra que el escenario *Electrificación + Cambio modal* superará el límite de 1.5° C. en casi 1 Gt, un déficit que habrá que compensar con la descarbonización de otros sectores de la economía estadounidense.

²⁵ Iniciativa Climática de México (2023). Disponible en <https://www.iniciativaclimatica.org/emisionesnetascero/>.



Con una red eléctrica descarbonizada, los vehículos eléctricos causarán emisiones más bajas con su funcionamiento. El uso de coches, eléctricos o no, seguirá provocando importantes emisiones de GEI por la producción de acero, baterías y otros procesos industriales, como la extracción del litio usado en las baterías que intervienen en la fabricación y eliminación de vehículos. En los escenarios de *Electrificación*, como puede verse en la figura J, más de la mitad de las emisiones proceden de estas fuentes, que son mucho más difíciles de descarbonizar. De hecho, la electrificación aumenta las emisiones de la industria manufacturera en 18 %, en relación con el *Escenario base*, debido a la intensidad de las emisiones de la fabricación de baterías y de los vehículos más pesados.²⁶ Para que México alcance el balance neto cero en 2060, deben minimizarse todas las emisiones, y eso sólo puede lograrse combinando la electrificación con un desarrollo compacto y un cambio modal que limite el uso del vehículo privado y potencie el uso del transporte público.

La electrificación por sí sola también requiere un crecimiento exponencial en el uso de minerales críticos escasos para las baterías. Los retos medioambientales y de seguridad nacional que ello conlleva se mitigarían significativamente combinando la electrificación con el cambio modal y reduciendo la dependencia general de los vehículos de pasajeros privados mientras se electrifica.²⁷

²⁶ Esta cifra de 25 % es conservadora y se basa en el supuesto de una rápida descarbonización del sector manufacturero para 2050. El 80 % es una estimación razonable hoy en día: véase Andrew Moseman & Sergey Paltsev, MIT Climate Portal (2022), Are electric vehicles definitely better for the climate than gas-powered cars?

²⁷ Center on Global Energy Policy (2023), Q&A: Critical minerals demand growth in the net-zero scenario.

4.3. El cambio modal reduce la dependencia de la descarbonización de la red

El *cambio modal* proporciona una protección contra los obstáculos que puedan surgir en la descarbonización de la red eléctrica. Combinando el cambio modal con la electrificación, México puede lograr una descarbonización sustancial, incluso si la transición a los vehículos eléctricos y a la generación de electricidad renovable es más lenta de lo previsto.

La red eléctrica de México tiene actualmente una intensidad de emisiones de aproximadamente 215g CO₂e por kWh. Los resultados mostrados en la sección anterior han supuesto un nivel muy ambicioso de descarbonización de la red, en línea con el Escenario de Desarrollo Sostenible de la Agencia Internacional de la Energía (AIE). Siguiendo este supuesto, la intensidad de las emisiones de la red cae a casi 0g CO₂e/kWh en 2050.

Sin embargo, sólo se prevé que las políticas actuales (según el escenario de políticas establecidas de la AIE) alcancen una intensidad de red de unos 80 g de CO₂e/kWh para 2050, frente a los 215 actuales. Sigue siendo una previsión optimista, pero en este caso, nuestro escenario Electrificación pierde parte de su eficacia en la reducción de las emisiones acumuladas, mientras que el *Cambio modal* pierde menos, como se muestra en la figura K. En este caso, ninguno de los escenarios se sitúa de forma concluyente dentro de la zona azul, que significa compatibilidad potencial con el umbral de 1.5 °C. No obstante, el escenario *Electrificación + Cambio modal* es el único que logra situarse dentro de esta zona.

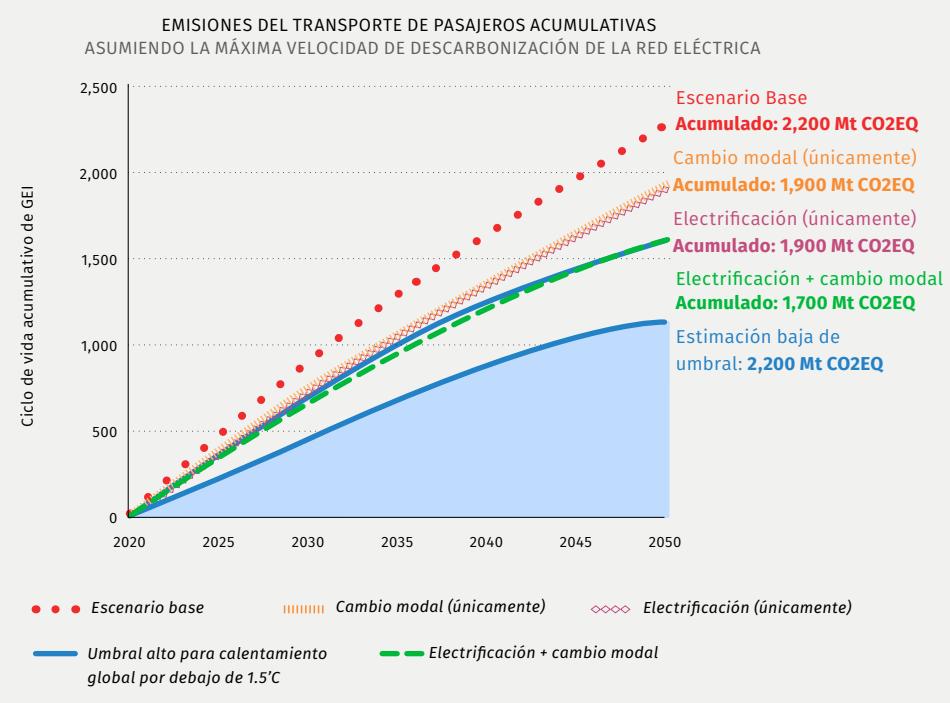


Figura K.
Emisiones de GEI por escenario, suponiendo una descarbonización de la red más lenta que la mostrada en la figura H

Las proyecciones más conservadoras de descarbonización de la red también arrojan luz sobre las perspectivas de México para alcanzar el objetivo de cero emisiones netas en 2060, como se ve en la figura L. Si la descarbonización de la red se mantiene al ritmo actual de las políticas declaradas, será muy difícil que México alcance ese objetivo sin la electrificación y el cambio modal, e incluso en el escenario combinado, será necesario un amplio esfuerzo de captura de carbono, más allá de las posibilidades de la tecnología actual.

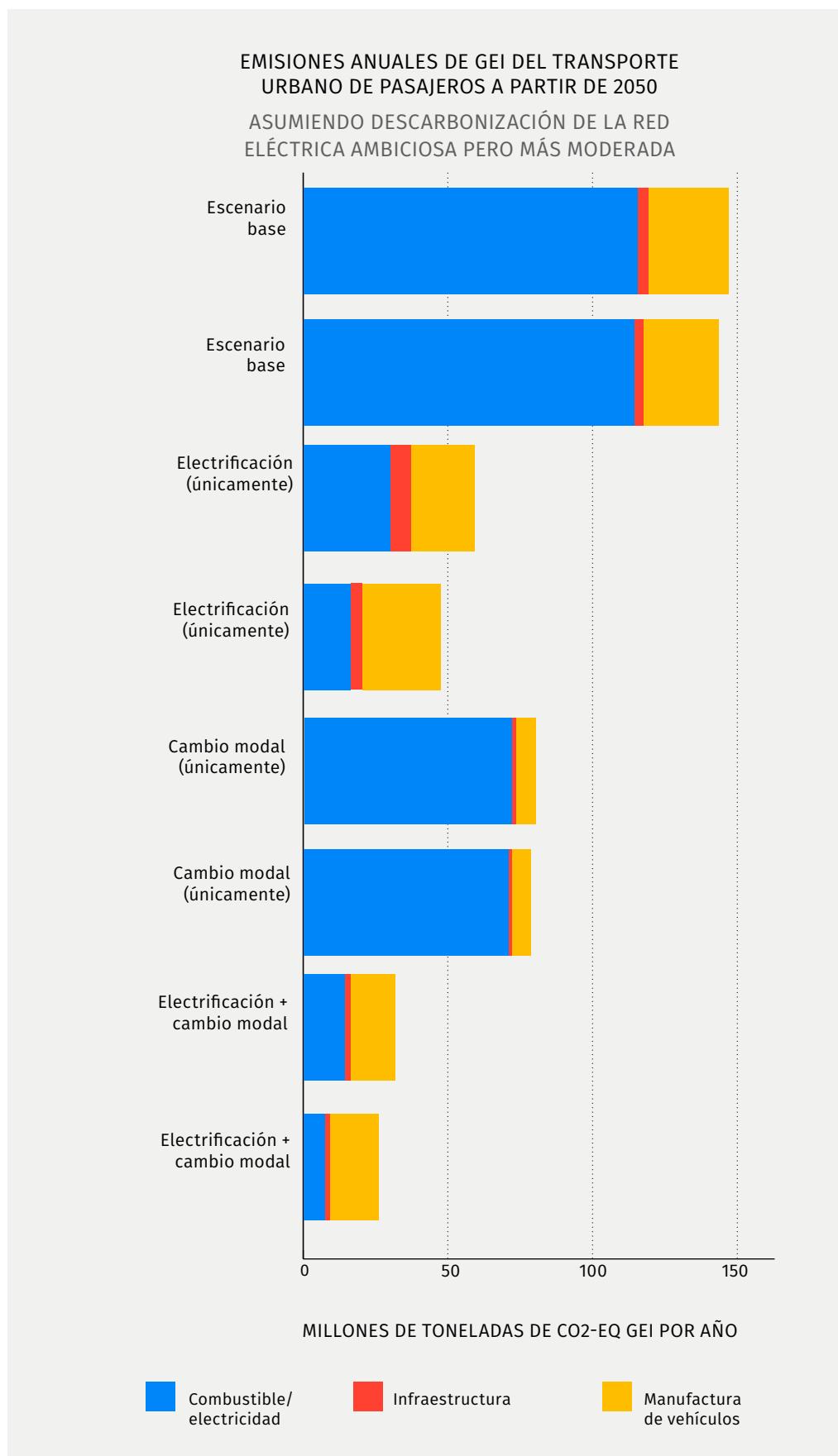


Figura L.
Emisiones anuales de gases de efecto invernadero por escenario, fuente y contingencia

IMPACTO DEL ESCENARIO EN EL CONSUMO DE ELECTRICIDAD

5

El *cambio modal* no sólo proporciona redundancia con la electrificación, sino que también reduce la carga de la rápida descarbonización a la red, al reducir drásticamente la demanda de electricidad que provocará la electrificación de vehículos. Además, aumenta la resiliencia a todos los niveles, al proporcionar alternativas en las opciones de transporte.

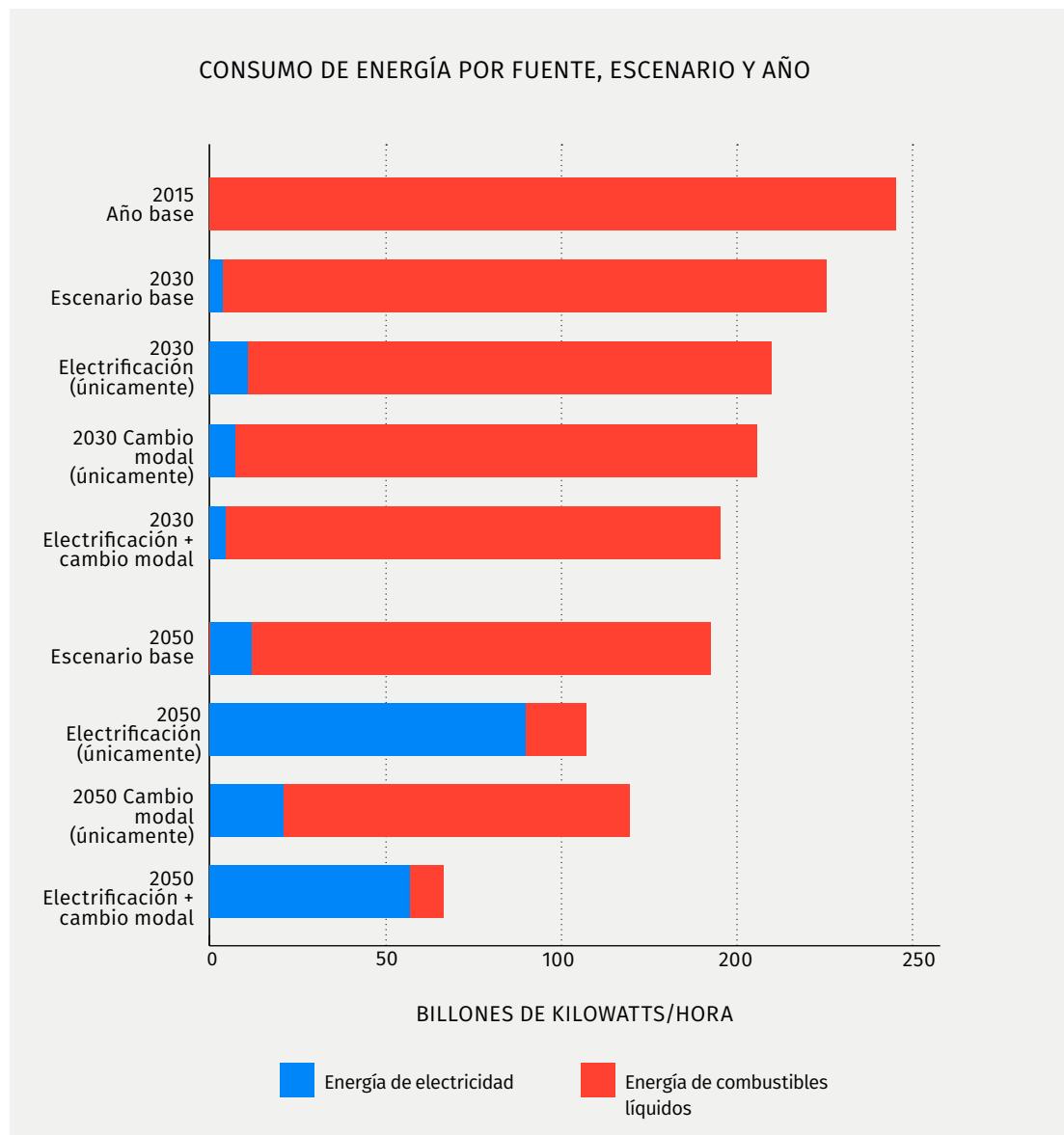


Figura M.
Consumo anual de energía

El escenario *Electrificación (únicamente)* representa una importante reducción del consumo total de energía, en relación con la situación actual, ya que los vehículos eléctricos son mucho más eficientes que los de combustión interna. Esta reducción masiva del consumo total de energía y del uso de combustibles líquidos aumenta menos el uso de electricidad, como se ve en la figura M.

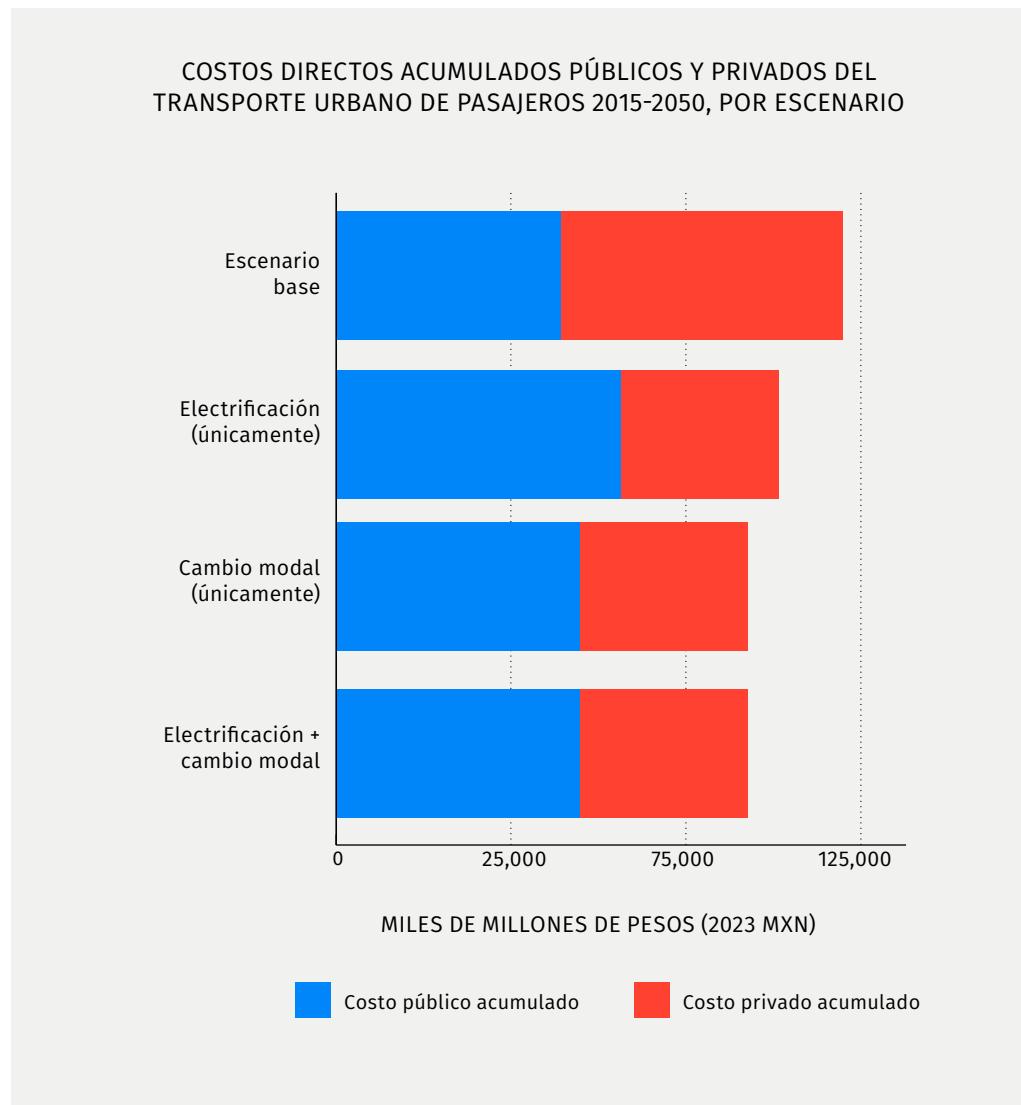
En el escenario *Electrificación*, el transporte urbano de pasajeros en México consumirá unos 90,000 millones de kWh de electricidad al año en 2050. *Electrificación + Cambio modal* reduce este consumo aproximadamente 32 % (29,000 millones de kWh), o el equivalente a la generación anual de energía de unos 6,000 aerogeneradores. Teniendo en cuenta que el consumo total de electricidad de México en 2022 fue de unos 350,000 millones de kWh, esto representa un ahorro equivalente a cerca de 9 % de todo el consumo eléctrico del país. Esto podría suponer una reducción de los costos de construcción de infraestructura para la generación de energía renovable o la posibilidad de liberar electricidad para otras necesidades urgentes ante la crisis climática; además, representa seguridad energética, menor dependencia de los combustibles fósiles y otros beneficios para la salud.

6

GASTOS DIRECTOS PÚBLICOS Y PRIVADOS EN CADA ESCENARIO

Los escenarios de *Cambio Modal* y *Electrificación + Cambio Modal* ofrecen un ahorro potencial de alrededor de \$24 billones MXN para la economía de México en general, incluyendo ahorros para los sectores público y privado.

La estructura de un sistema de transporte tiene repercusiones directas e indirectas en la economía de un país. Nuestro modelo tabula sólo los impactos directos: los gastos de fabricación, mantenimiento, abastecimiento y funcionamiento de los vehículos y los gastos de construcción y mantenimiento de la infraestructura. Éstos se muestran en la figura N.



Estos gastos pueden dividirse en los que absorbe en última instancia el sector público y los gastos privados.²⁸ El cambio modal supondría un enorme ahorro acumulado para la economía mexicana: unos \$24 billones MXN. De esta cifra, unos \$4 billones MXN de ahorro corresponderían a los gobiernos nacional, estatales y locales, tabulados en la figura P de la sección 7, más adelante.

Nuestros cálculos sólo incluyen los costos directos del transporte urbano de pasajeros y no los costos indirectos, como los gastos sanitarios relacionados con las colisiones de vehículos o el sedentarismo; los relacionados con la contaminación atmosférica, acústica o del agua; los de las tierras de cultivo o las zonas naturales perdidas por la expansión suburbana; o, por el contrario, los beneficios económicos derivados de la creación de empleo.²⁹ Es probable que todos estos costos indirectos signifiquen que el verdadero beneficio económico del escenario *Electrificación + Cambio modal* sea superior al que hemos calculado.

²⁸ En estos cálculos hemos supuesto que el gobierno asumirá todo el costo de las operaciones de transporte público, es decir, que las tarifas serán gratuitas. Esperamos que las subvenciones al transporte público aumenten en los escenarios de cambio modal, aunque posiblemente no hasta este extremo.

²⁹ Las inversiones en transporte público crean casi el doble de puestos de trabajo por dólar que las inversiones en construcción de nuevas carreteras. Véase: Transportation for America (2021), Road and public transit maintenance create more jobs than building new highways.

7 OBJETIVOS MEDIBLES PARA EL TRANSPORTE URBANO DE PASAJEROS

En México es viable alcanzar el escenario *Electrificación + Cambio modal*. Éste ofrece enormes ahorros al sector público, a particulares y a empresas; además, reduce las emisiones del transporte urbano de pasajeros a un nivel más acorde con los compromisos climáticos del país. Su implementación no requerirá financiamiento adicional más allá de los recursos que México ya gasta en el transporte urbano de pasajeros; sin embargo, sí requerirá de un cambio en políticas públicas y una reasignación de recursos: en lugar de gastar 43 billones de pesos en la construcción de nuevas vías primarias, el país puede invertir 39 billones de pesos en electrificación, BRT, ciclovías, nuevos autobuses y Metro, con el objetivo de servir al público de manera aún más eficaz.

Para lograr este escenario se deben cumplir tres condiciones: 1. una mayor eficiencia de los vehículos, principalmente a través de la electrificación; 2. la actualización de los usos del suelo para favorecer las ciudades compactas de uso mixto y así acortar los viajes; y 3. facilitar el *cambio modal*, a través de la provisión de infraestructura alternativa, pero también con la tarificación de los viajes en coche, de acuerdo con su costo real, y la regulación del aparcamiento (como la reforma del aparcamiento fuera de la vía pública de la Ciudad de México de 2017).³⁰ Todos estos cambios requieren una gran voluntad política.

En esta sección presentamos objetivos medibles para cada elemento a partir del análisis cuantitativo de este estudio; de lograrlos, se cumplirían los beneficios del escenario *Electrificación + Cambio modal*. México podría alcanzar estas metas de diversas maneras y, en el Apéndice A, proporcionamos una agenda y políticas básicas a nivel federal, estatal y local que podrían ayudar al país a concretarlas.

7.1.

Objetivos de la electrificación

Para cumplir los compromisos climáticos del país, la electrificación debe avanzar mucho más rápido de lo que permite su curso actual. Tal y como se explica en el apartado 3.2.1, las nuevas ventas de los distintos tipos de vehículos eléctricos deben darse a los ritmos indicados en la figura O. En resumen, 50 % de todos los vehículos ligeros nuevos (coches y camiones) vendidos deben ser eléctricos para 2030, y la cifra debe ascender a 100 % para 2050 o antes.

| Porcentaje de vehículos nuevos eléctricos | | | | | | |
|--|--|------|------|---|------|------|
| | Escenario base y cambio modal (únicamente) | | | Electrificación (únicamente) y Electrificación + Cambio modal | | |
| | 2015 | 2030 | 2050 | 2015 | 2030 | 2050 |
| LDV (turismos y camiones ligeros) | 0% | 25% | 50% | 0% | 50% | 100% |
| Vehículos de dos ruedas/motos (excluyendo las bicicletas eléctricas) | 0% | 25% | 50% | 0% | 50% | 100% |
| Autobuses | 4% | 25% | 50% | 4% | 50% | 100% |

Figura O.
Venta de vehículos eléctricos por año y escenario

³⁰ ITDP (2020), Más Ciudad, Menos Cajones-Evaluación de impacto del cambio a los requerimientos de estacionamiento en la Ciudad de México y recomendaciones de política pública.

7.2. Objetivos para el uso del suelo

Una forma urbana más compacta y de uso mixto tendrá un doble beneficio para las ciudades de México. En primer lugar, cuando la gente viva más cerca de sus lugares de trabajo o de ocio, los viajes serán más cortos, por lo que incluso los automóviles con motor de combustión interna emitirán menos contaminantes y tendrán un menor precio para las personas usuarias de automóviles privados. En segundo lugar, es preciso mencionar que cuando los viajes sean más cortos, será más fácil realizarlos en bicicleta o transporte público, lo que facilitará el cambio modal.

La transición a este modelo requerirá grandes cambios, incluyendo la promoción de nuevas viviendas asequibles en zonas céntricas, lo cual se detalla en el Anexo B. Alcanzar el escenario *Electrificación + Cambio modal* y cumplir los compromisos climáticos del país requerirá que México adopte políticas que hagan posible que las ciudades sean más compactas. Como se describe en el apartado 7.2, éstas no implican un cambio de vivienda a un barrio densamente poblado para nadie que no lo desee.

La implementación de este escenario requerirá políticas que pongan al país en la senda de la distribución de la densidad de población descrita en la sección 3.2.2, con lo cual se impedirá que se sigan creando nuevas localidades urbanas por debajo de una densidad de 8,000 personas por km².

7.3. Objetivos para la infraestructura de transporte

A continuación, describimos una agenda clara para cumplir con la tercera de las tres condiciones necesarias para alcanzar el escenario *Electrificación + Cambio modal*. Incluye las inversiones específicas en infraestructura de transporte que serán necesarias para alcanzar los niveles requeridos de cambio en los patrones de viajes, así como los ahorros estimados que serán posibles siguiendo tal estrategia.

La figura P indica el alcance de la inversión en infraestructura y vehículos que México debe hacer para lograr el escenario *Electrificación + Cambio modal*. Como se muestra en la figura M, el elemento *Cambio modal* del escenario significará que los gobiernos federal, estatales y locales ahorrarán unos \$4 billones de MXN para 2050. De esta forma, el gasto de construir y operar el transporte público se verá más que compensado por la menor necesidad de construir y mantener vías primarias.

| Total de nueva infraestructura y vehículos requeridos 2015-2030 | | | | | | | |
|---|--|--------------------|---------------------|----------------------------|-----------|-----------------|--------------------------------------|
| | Km de carriles en vías primarias urbanas | Km de carriles BRT | Km de vías de Metro | Km de ciclovías protegidas | Autobuses | Vagones de tren | Costo total para los gobiernos (MXN) |
| <i>Escenario base y Electrificación (únicamente)</i> | 40,000 | 200 | 300 | 2,400 | 1,170,000 | 3,300 | \$13 billones |
| <i>Cambio modal (únicamente) y Electrificación + Cambio modal</i> | 25,000 | 900 | 300 | 5,800 | 1,210,000 | 3,500 | \$13 billones |
| Total de nueva infraestructura y vehículos necesarios 2015-2050 | | | | | | | |
| | Km de carriles en vías primarias urbanas | Km de carriles BRT | Km de vías de Metro | Km de ciclovías protegidas | Autobuses | Vagones de tren | Costo total para los gobiernos (MXN) |
| <i>Escenario base y Electrificación (únicamente)</i> | 140,000 | 900 | 400 | 5,400 | 2,800,000 | 8,600 | \$43 billones |
| <i>Cambio modal (únicamente) y Electrificación + Cambio modal</i> | 25,000 | 4,300 | 600 | 19,000 | 3,200,000 | 10,000 | \$39 billones |

Figura P.
Descripción detallada de las necesidades de infraestructura e inversión por escenario

La cifra de autobuses incluye los minibuses y también las sustituciones de vehículos dados de baja, con una vida útil prevista de unos 12 años. No incluimos sistemas de teleféricos, porque transportan una fracción muy pequeña de la población urbana de México.

Este análisis proporciona una hoja de ruta clara para las inversiones en infraestructura de transporte en ciudades de todo México:

- Las inversiones más importantes serán en ciclovías e infraestructuras de BRT: México necesitará construir unos 2,000 km de BRT bidireccional (4,300 km de carriles) para 2050, es decir, una línea de BRT en la mayoría de las vías primarias urbanas. Las ciclovías deben construirse de forma aún más amplia, en la mayoría de las arterias urbanas y calles principales, para que todas las personas residentes de las ciudades mexicanas vivan a una o dos manzanas de un carril de bicicletas protegido.
- Esta inversión en BRT y ciclovías, aunque considerable, es mucho menos costosa que la inversión en carreteras o Metro. La construcción de esta infraestructura, junto con una expansión relativamente moderada de los sistemas de Metro, permitirá a los gobiernos federal, estatales y locales de México reducir los gastos en vías primarias y ahorrar una enorme cantidad de dinero en las próximas décadas. Esta inversión no sustituye a los sistemas ferroviarios y deberá de ser complementaria.
- La expansión de las carreteras debe limitarse drásticamente. Sólo pueden construirse aproximadamente 25,000 km más de vías urbanas, tras lo cual debe detenerse por completo la construcción y ampliación de carreteras, en favor de un uso más eficiente de las vías existentes.

La escala de transformación descrita, aunque masiva, no carece de precedentes: París redujo los viajes en coche casi 50 % en 30 años, invirtiendo en formas alternas de movilidad y en estrategias de control del tráfico. Yakarta y Bogotá han construido sendos sistemas de transporte masivo con más de un millón de usuarios diarios en menos de 15 años. No hay razón para que las ciudades mexicanas no puedan hacer lo mismo.

APÉNDICE A: AGENDA DE POLÍTICAS PÚBLICAS BÁSICA

Alcanzar los objetivos establecidos en la sección 7 de este informe requerirá de la acción coordinada de todos niveles de gobierno en México (federal, estatal y municipal). A continuación, se presenta una serie de recomendaciones de políticas públicas para avanzar en estos tres frentes: electrificación de vehículos, planeación de ciudades compactas y cambio modal en los viajes a mediano plazo. Se incluyen acciones relacionadas con las responsabilidades de los tres niveles de gobierno y se resalta que el gobierno federal debe generar el marco y los instrumentos necesarios para promover soluciones implementadas a escala estatal y municipal.

Electrificación del transporte mediante políticas e incentivos

1. A. Nivel federal

1. Orientar la política de electromovilidad estableciendo objetivos nacionales ambiciosos en torno a la electrificación del transporte público; completar la publicación final de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica con los objetivos fijados en el anteproyecto 2023.
2. Aplicar incentivos financieros federales para la compra de vehículos eléctricos. Estos pueden combinar el aumento del costo de los vehículos de combustión interna con un subsidio para los eléctricos, con el propósito de disminuir el costo relativo de los últimos. Otros incentivos pueden incluir reducciones fiscales y subsidios para la utilización de infraestructura, como peajes en vías urbanas y carreteras.
3. Incentivar y favorecer la electrificación de las flotas de transporte público y de los vehículos eléctricos ligeros, a través de criterios de acceso a programas de financiación nuevos o existentes a nivel nacional.
4. Diseñar un programa federal de chatarrización para acelerar el cambio de los vehículos de combustión interna por los eléctricos (tanto para el transporte privado como para el público general).
5. Estandarizar los esquemas de contratación de proveedores, los requisitos para las flotas de transporte público eléctrico y la infraestructura de recarga de las distintas ciudades, de modo que sea posible una licitación pública conjunta. Así se conseguirán economías de escala y se reducirán los costos de adquisición y mantenimiento.
6. Invertir en una cadena de suministro de electricidad limpia para satisfacer el aumento de la demanda provocado por la electrificación del transporte. Es importante desarrollar el sector de las energías renovables (eólica y solar) y dejar progresivamente de invertir en la generación de electricidad a partir del carbón y el petróleo. También es clave revisar y reducir gradualmente los incentivos fiscales a los consumidores y productores de combustibles fósiles.
7. Garantizar que haya un suministro de energía limpia en cada etapa de la cadena de producción de los vehículos eléctricos (uso de minerales, abastecimiento de baterías y ensamblaje).
8. Reducir los costos de los vehículos eléctricos en México desarrollando la industria de su producción, aprovechando la ya existente para la fabricación de vehículos de combustión interna o reduciendo los aranceles a estos medios de transporte y a las baterías importadas.
9. Invertir en investigación, educación y formación para crear una mano de obra calificada, y desarrollar capacidades en los sectores público y privado para gestionar y dirigir la electrificación del transporte.
10. Elaborar y establecer normas y protocolos para la seguridad y el mantenimiento de los vehículos eléctricos de transporte público.
11. Promover el desarrollo de una red nacional de infraestructura de recarga de vehículos eléctricos de forma equitativa, garantizando que la disponibilidad y la ubicación estratégica de las estaciones de recarga tengan en cuenta a las poblaciones vulnerables.

B. Nivel estatal

1. Impulsar la electrificación habilitando políticas de electromovilidad y estableciendo objetivos ambiciosos para la electrificación del transporte público en los planes y programas de movilidad y transporte público a nivel estatal. Estos deben incluir hojas de ruta para la implantación del transporte público eléctrico, estrategias de apoyo financiero e incentivos económicos para la compra de vehículos eléctricos.
2. Promover la puesta en marcha de proyectos piloto de electromovilidad en rutas y corredores de tránsito específicos, gestionados por organizaciones estructuradas de transporte. Esto es particularmente relevante para las líneas de BRT, ya que se prevé que una de las principales expansiones de nueva infraestructura de transporte público para 2050 esté enfocada en este sistema; esto incluye organizaciones como el Metrobús, en la Ciudad de México, y el Metrorrey, en Monterrey.
3. Diseñar programas de chatarrización a nivel estatal destinados a acelerar el cambio de los vehículos de combustión interna a los eléctricos (tanto para el transporte privado como para el público general).
4. Incluir la compra de vehículos eléctricos en las nuevas licitaciones para incentivar a los operadores de transporte público a renovar su flota. Posteriormente, adaptar la duración de los contratos de concesión para considerar la inversión que genera la compra de estos medios de transporte.
5. Poner en marcha un plan de subsidios a los vehículos eléctricos, especialmente para el sector logística, con el fin de acelerar la sustitución de los vehículos que tienen mayores repercusiones sobre el medio ambiente y la seguridad vial.
6. Promover el desarrollo de redes estatales de infraestructura de recarga de vehículos eléctricos de forma equitativa, garantizando la disponibilidad y la ubicación estratégica de las estaciones de recarga eléctrica.

C. Nivel municipal

1. Elaborar planes y estrategias locales para impulsar el desarrollo de la red y la infraestructura de recarga, según la disponibilidad de suelo y el análisis de la demanda. Incluir normas y objetivos de infraestructura de recarga en los planes municipales de desarrollo urbano, los planes integrales de movilidad y los reglamentos de construcción. Centrarse en las calles y los aparcamientos situados cerca de las viviendas y los edificios de oficinas.
2. Adoptar sistemas para incentivar el uso de vehículos eléctricos, como las “matrículas verdes”, que permiten a los conductores utilizar plazas de aparcamiento reservadas para vehículos eléctricos e híbridos.

2. A. Nivel federal

Reformas de las políticas de uso del suelo, zonificación, usos mixtos y desarrollo orientado al transporte

1. Promover una política de vivienda a nivel federal que priorice el desarrollo de vivienda económica en zonas densas que ya tengan conectividad a la red de transporte público. Las instituciones federales, como el Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (Infonavit), que pueden financiar proyectos de desarrollo de vivienda son clave. Esta institución ya cuenta con criterios de accesibilidad a equipamiento para financiar proyectos de vivienda, lo que le permite priorizar proyectos que favorezcan el acceso de las personas a servicios de salud, educación, empleo, recreación y provisión de bienes de consumo básicos. Esto debe replicarse para otros actores que financian y desarrollan proyectos de vivienda.

B. Nivel estatal

1. Promover programas, incentivos e instrumentos a nivel estatal que permitan a los municipios aprobar proyectos de vivienda asequible, dando prioridad a las zonas con buena conectividad al transporte público y alta accesibilidad a los servicios de salud, educación, empleo, recreación y provisión de bienes de consumo básicos.
2. Promover densidades residenciales más altas y usos mixtos en la planificación a nivel estatal para orientar la actualización de los planes y programas a nivel municipal que establecen la zonificación y las densidades habitacionales a nivel de manzana.

C. Nivel municipal

1. Promover actualizaciones de los instrumentos de planeación municipales y de los reglamentos de construcción para eliminar los requerimientos mínimos de estacionamiento y pasar a un modelo de niveles máximos de cajones de estacionamiento, que restrinja su construcción y limite los viajes en vehículos motorizados privados. Los límites máximos deben ajustarse a las condiciones locales, considerando la proximidad al transporte público y la accesibilidad a servicios de salud, educación, empleo, instalaciones recreativas y el suministro de bienes básicos. Esto también implica la gestión de la oferta de estacionamiento fuera de la vía pública, sobre todo en zonas urbanas de alta densidad, donde el suelo se subutiliza para proveer estacionamiento en detrimento de viviendas y comercios.
2. Crear y adaptar normas y reglamentos de construcción para asegurar la instalación de infraestructura para la carga de vehículos eléctricos en cajones de estacionamiento en nuevas construcciones, considerando las especificaciones a nivel federal para infraestructura de carga, específicamente la NOM-001-SEDE, relevante para instalaciones eléctricas, en reglamentos municipales y de construcción.
3. Incluir requisitos mínimos de plazas de aparcamiento para bicicletas en los instrumentos de planeación y en las normativas de construcción para promover los viajes en modos de movilidad sostenible.
4. Promover usos mixtos del suelo en las normativas municipales de zonificación, con el fin de crear nuevos espacios para instalaciones sanitarias y educativas, empleo, suministro de bienes básicos y actividades recreativas en zonas con buena conectividad con el transporte público, con el objetivo de permitir viajes más cortos.
5. Actualizar la normativa para promover densidades residenciales más altas que consideren las condiciones y limitaciones locales. Esto incluye revisar las limitaciones de densidad residencial, actualmente establecidas en los planes municipales de desarrollo urbano —por ejemplo, la Norma General de Ordenación 11 para la Ciudad de México—, en particular para las zonas que tienen buena accesibilidad a equipamiento clave.

3. A. Nivel federal

Apoyar el cambio modal optimizando el uso del espacio vial para los viajes a pie, en bicicleta y en transporte público

1. Integrar los principios y políticas de la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial en los programas de inversión, como el Programa Federal de Apoyo al Transporte Masivo (Protram), y en los proyectos de infraestructura para reorientar el gasto público hacia proyectos integrados de transporte público con criterios de eficiencia energética e infraestructura, de acuerdo con la pirámide invertida de la movilidad sustentable.³¹
2. Dar seguimiento estricto a la implementación de la Estrategia Nacional de Movilidad y Seguridad Vial (Enamov) para generar viajes seguros en modos de movilidad sustentable.³²
3. Actualizar y elaborar normas oficiales (NOM) y manuales relacionados con infraestructura vial, espacio público, equipamiento e infraestructura peatonal y ciclista para dar cumplimiento a la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial.

³¹ Cámara de Diputados (2023), Ley General de Movilidad y Seguridad Vial.

³² Sedatu (2023), Estrategia Nacional de Movilidad y Seguridad Vial 2023-2042.

4. Desarrollar una Política Nacional de Transporte Público, diseñando mecanismos de apoyo técnico y financiero para la implementación de sistemas de transporte integrados.
5. Desarrollar programas federales de inversión específicos para favorecer la movilidad activa, como infraestructura, equipamiento ciclista y sistemas públicos de bicicletas compartidas.
6. Creación de capacidades técnicas en la administración pública federal para aplicar las medidas mencionadas.

B. Nivel estatal

1. Alinear la normativa estatal a la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial.³³
2. Revisar la distribución de los recursos asignados a las acciones, programas y proyectos de infraestructura relacionados con la movilidad y la seguridad vial para que estén alineados con el Artículo 60 de la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial, “Priorización de acciones y recursos”. Limitar al máximo las inversiones destinadas a incrementar el nivel de servicio vial para los vehículos automotores particulares.³⁴
3. Revisar los criterios con los que se evalúan los proyectos de infraestructura vial para considerar la distribución del espacio (según la pirámide invertida de la movilidad sostenible), las repercusiones del transporte en la contaminación atmosférica y acústica, las emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad vial; además de los tiempos de viaje y el nivel de servicio.
4. Reforzar la recaudación de impuestos sobre la propiedad de vehículos, en función de parámetros medioambientales, y explorar otros mecanismos fiscales centrados en la propiedad, como las comisiones sobre la compra de vehículos basadas en la eficiencia energética.³⁵
5. Promover cambios normativos que apoyen estrategias de cargos por congestión basadas en estudios de movilidad y aplicadas especialmente en zonas que atraen un alto nivel de viajes con una oferta diversificada de servicios de transporte.³⁶
6. Agilizar los procesos de aprobación y autorización de proyectos de movilidad sostenible. Alinear los mecanismos de participación ciudadana a las escalas de los temas tratados, de modo que una comunidad tenga poder para influir, pero no para vetar proyectos que mejoren la movilidad sostenible y la seguridad vial en una ciudad.
7. Organizar los servicios de transporte público para transformar el modelo de concesiones individuales en sistemas integrados de transporte, promoviendo la integración física, operativa, informativa, de imagen y tarifaria del transporte público
8. Invertir en el rediseño de las redes de autobuses con el objetivo de aumentar la frecuencia, agregar cobertura y accesibilidad universal, observando las líneas de acción del Eje 2 “Servicios de Transporte Público para las Personas”, de la Enamov.³⁷
9. Implantar corredores de BRT en vías primarias, observando los criterios del Estándar BRT (ITDP, 2016).³⁸
10. Desarrollar sistemas públicos de uso compartido de bicicletas en las principales zonas urbanas, integrados con el transporte público, para apoyar los viajes de última milla, a través de modos de movilidad sostenible.

³³ Cámara de Diputados (2023), Ley General de Movilidad y Seguridad Vial.

³⁴ Cámara de Diputados (2023), Ley General de Movilidad y Seguridad Vial.

³⁵ ITDP (2012), Guía de estrategias para la reducción del uso del auto en ciudades mexicanas.

³⁶ ITDP (2012), Guía de estrategias para la reducción del uso del auto en ciudades mexicanas.

³⁷ Sedatu (2023), Estrategia Nacional de Movilidad y Seguridad Vial 2023-2042.

³⁸ ITDP (2016), El estándar BRT.

11. En coordinación con las autoridades municipales, desarrollar iniciativas de calles peatonales en las principales zonas urbanas del estado para promover la movilidad sostenible.
12. Crear capacidades técnicas en la administración pública estatal para aplicar las medidas mencionadas.

C. Nivel local

1. Reformar los marcos legales municipales para que los gobiernos locales puedan implementar Zonas de Bajas Emisiones (ZBE), como lo hizo el municipio de Guadalajara con la reforma del Reglamento de Gestión Urbana Integral.³⁹
2. Utilizar los lineamientos del Manual de Calles (Sedatu, 2018), en materia de diseño de calles y estrategias de gestión de la demanda para el diseño de intervenciones de pacificación vehicular, intersecciones, recorridos peatonales, circulación vehicular y gestión de estacionamientos.⁴⁰ El diseño vial debe reflejar la pirámide de movilidad invertida, favoreciendo prioritariamente los viajes peatonales y de movilidad activa.
3. Promover la implementación de una red de infraestructura ciclista, donde se observen criterios de seguridad, continuidad, coherencia, comodidad y adaptabilidad, conforme a lo establecido en el Manual de Calles (Sedatu, 2018).⁴¹
4. Asignar recursos para el desarrollo de infraestructura ciclista para cumplir con los objetivos del Eje 3 de la Enamov,⁴² incluyendo la instalación de estacionamientos para bicicletas y el reequipamiento de unidades de transporte público, estaciones, paradas y sus áreas circundantes.
5. Establecer los mecanismos necesarios (por ejemplo, parquímetros) para que a las personas usuarias de vehículos motorizados privados se les cobre por el estacionamiento una cantidad cercana al costo social,⁴³ especialmente en zonas de gran demanda y cubiertas por servicios de transporte público. En la medida de lo posible, estos ingresos deberían destinarse a financiar proyectos de movilidad sostenible.
6. Crear capacidades técnicas en la función pública municipal para aplicar las medidas mencionadas.

³⁹ Gobierno de Guadalajara (2024), Reforma al reglamento para la Gestión Integral del Municipio de Guadalajara.

⁴⁰ Sedatu (2019), Manual de calles. Diseño vial para ciudades mexicanas.

⁴¹ Sedatu (2019), Manual de calles. Diseño vial para ciudades mexicanas.

⁴² Sedatu (2023), Estrategia Nacional de Movilidad y Seguridad Vial 2023-2042.

⁴³ ITDP (2021), Domar el tráfico.

APÉNDICE B: IMAGINANDO CIUDADES COMPACTAS ELECTRIFICADAS EN MÉXICO

El contexto actual de México presenta varios retos: el aumento de la cantidad de vehículos privados, la inversión en infraestructura orientada al automóvil y la expansión de la mancha urbana a través de conjuntos habitacionales de vivienda económica suponen obstáculos para el cambio modal y la electrificación. Por otro lado, el último borrador de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica, alineado con el pacto climático de Glasgow y cuyo objetivo es vender vehículos nuevos 100 % eléctricos para 2050, es una oportunidad para promover una rápida electrificación. Las tendencias del mercado de ventas de vehículos también son prometedoras para el futuro de la electrificación: en 2022, 4.7 % del total de las nuevas ventas de vehículos ligeros correspondió a unidades eléctricas o híbridas.⁴⁴

El apartado 2.1 de este informe presentó una exploración cualitativa de los cuatro escenarios del estudio; el apartado 3.2 los definió cuantitativamente. El Apéndice A propuso una agenda política a nivel federal, estatal y local para ayudar a alcanzar este futuro, y el Apéndice B presentará una narrativa de cómo podría ser el futuro del escenario Electrificación + Cambio modal en México, tomando como ejemplo a la ciudad de Monterrey.

El área metropolitana de Monterrey, en el estado de Nuevo León, es la tercera zona metropolitana más grande de México. Históricamente, es una de las ciudades del país con mayor uso del automóvil, con cerca de 40 % de los viajes al trabajo realizados en vehículo privado (en contraste, esta cifra es sólo de 20 % en la zona metropolitana de la Ciudad de México). Además, en los últimos 30 años, la superficie urbana se ha multiplicado por 2.8, pasando de 363 km² a 1,029 km². Al mismo tiempo, la densidad de población ha disminuido, de aproximadamente 7,000 a 5,000 personas por km².⁴⁵ En cuanto al transporte público, Monterrey ha terminado recientemente la construcción de tres líneas de Metro y tiene otras tres en fase de planificación y ejecución. Sin embargo, el número de personas usuarias se ha visto afectado por la pandemia: en 2022, el número de usuarios de este servicio fue un 24 % inferior al de 2019, el último año antes del inicio de la pandemia.⁴⁶

En términos de electrificación, aunque la proporción de vehículos eléctricos sigue siendo inferior a 5 %, desde 2020 en el estado de Nuevo León se ha registrado anualmente un aumento total de 10 % en las ventas de vehículos eléctricos e híbridos nuevos.⁴⁷ Esto supone una oportunidad para aumentar la electrificación de vehículos privados si se aplican políticas como subsidios e incentivos fiscales. En términos de puntos de recarga, el estado cuenta con alrededor de 10 % del total de puntos de recarga para vehículos eléctricos en el país.

Los próximos pasos para el área metropolitana de Monterrey son continuar con las tendencias de electrificación de vehículos e infraestructura de carga —con más incentivos para el sector privado que acelere estas tendencias—, así como invertir fuertemente en transporte masivo, incluidas nuevas líneas de Metro y BRT.

Un componente fundamental de este plan es promover la integración de la nueva infraestructura ferroviaria y de BRT con su entorno inmediato, mediante el desarrollo orientado al transporte (TOD). Esto se logrará fomentando la integración de usos de movilidad sostenible con un desarrollo urbano que promueva mayores densidades y usos mixtos. Dos elementos clave en esta propuesta son la construcción de viviendas multifamiliares y opciones de vivienda asequible, y la eliminación de los mínimos de aparcamiento. Esto también implica aumentar la conectividad de los modos de movilidad sostenible hacia y desde las estaciones de BRT y Metro para promover la multimodalidad y el uso sostenible de la nueva infraestructura de transporte público; de esta forma, se garantizaría un cambio modal de los patrones de viaje a mediano y largo plazo. La asequibilidad de la vivienda es otro componente indispensable, que puede lograrse mediante instrumentos como la venta de derechos de desarrollo o la zonificación inclusiva.⁴⁸

En este entendido, se deberá invertir en la ampliación a gran escala de la flota de autobuses, incluyendo autobuses eléctricos, para crear redes urbanas de servicios de autobuses de alta frecuencia. Para lograrlo, en todo el país debe haber acceso a programas de financiación o subsidios federales que promuevan y apoyen la adopción de sistemas integrales de transporte público que también consideren la sustitución de flotas contaminantes y de baja capacidad. Se debe reasignar el espacio vial para priorizar la circulación de autobuses y BRT en las principales arterias que conectan a los municipios de Monterrey. También es necesaria una red ciclista protegida en las principales vialidades, así como banquetas amplias y cruces peatonales seguros, señalizados y adecuados para la accesibilidad universal en todas las calles, por lo cual será indispensable promover una mayor seguridad vial.

44 Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (2022), Transición a la electromovilidad en México.

45 Sistema de información urbano metropolitano (2020), Expansión Urbana Monterrey.

46 Tovar, R., El Horizonte (28 de noviembre de 2022), Usan el metro menos personas que en 2019.

47 Instituto Mexicano del Transporte (2022), Situación de la electromovilidad en México.

48 Para más ejemplos, ver: ITDP México (2017), Hacia una estrategia de vivienda asequible orientada al transporte.

Recientemente se han realizado importantes avances en este sentido en Monterrey, a nivel municipal. Por ejemplo, en 2022, el municipio de San Pedro Garza García eliminó los requisitos de estacionamiento, y actualmente se está actualizando el plan municipal de desarrollo urbano de Monterrey, que promueve la integración de estaciones de transporte masivo con destinos clave a través de corredores verdes, así como mayores densidades y usos mixtos alrededor de las estaciones del Metrorrey. El programa de corredores verdes es una iniciativa que muestra avances hacia un cambio modal: pretende conectar los servicios de la ciudad mediante infraestructuras verdes que promuevan la movilidad sostenible.

Si estas políticas siguen implementándose en los diferentes municipios de la zona metropolitana de Monterrey, para 2050 más familias podrían vivir en zonas céntricas o en lugares que estén bien conectados a través del Metrorrey; de igual forma, contarán con los empleos y los diferentes bienes y servicios que requieren. Se han construido diferentes tipologías de vivienda a lo largo de los corredores de Metrorrey, lo que permite a las familias de todos los rangos de ingresos vivir en entornos más compactos, invirtiendo la tendencia de disminución de la densidad en el área metropolitana. Con más opciones de vivienda y transporte, todas las familias tendrán la opción de ahorrar dinero renunciando al coste de comprar un coche. En la mayoría de las colonias de la ciudad, las familias podrán dar paseos cortos, cómodos y seguros a pie o en bicicleta a sus parques, tiendas, farmacias y escuelas locales. Si requieren viajes más largos, podrán utilizar un BRT eléctrico o un autobús eléctrico para llegar a sus destinos; también, podrán llegar a las estaciones de estos medios de transporte caminando o en bicicleta, con lo que evitarán conducir y pasar horas en el tráfico.

Más residentes en Monterrey podrán vivir sin necesidad de comprar un automóvil y otros podrán acceder a vehículos personales eléctricos o híbridos, los cuales se habrán vuelto tan asequibles como los de diésel. Además, será más conveniente conducirlos, ya que la infraestructura de recarga y políticas como las matrículas verdes ya están disponibles y en vigor. A pesar de contar con menos espacio vial dedicado a los coches y más carriles dedicados al BRT u otros autobuses eléctricos, la reducción de la demanda por automóviles privados significará que el tráfico no aumentará drásticamente.

Muchos de estos cambios parecen un reto, especialmente para una ciudad como Monterrey, que, en las últimas décadas, ha hecho énfasis en la construcción de infraestructuras para el automóvil. Sin embargo, esta planificación orientada al automóvil tiene muchas implicaciones negativas, como la congestión vial, que repercuten de forma importante en la calidad de vida de las personas. Cambios recientes, como la ampliación del Metrorrey y la eliminación de los requerimientos mínimos de estacionamiento en San Pedro, sugieren que esta tendencia es reversible y existe la voluntad de buscar beneficios como la reducción de la congestión vial y el aumento de los espacios públicos y verdes. Afrontar la crisis climática mediante la promoción de la electrificación y un cambio en los patrones de viaje representa una oportunidad para modificar la infraestructura y las formas de movilidad en esta ciudad.

APÉNDICE C: DOCUMENTACIÓN METODOLÓGICA

Debido a su extensión, la documentación metodológica no se ha incluido en esta maquetación del informe. Está disponible en [Redacción México: Apéndice metodológico](#).



Taylor Reich
ITDP

Lew Fulton
UC DAVIS

SEPTIEMBRE 2024

