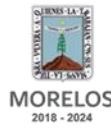


COORDINADO POR
la Coordinación Ejecutiva de la
Comisión Ambiental de la Megalópolis

**Diagnóstico para
impulsar proyectos
de movilidad
eléctrica
en la Megalópolis**



CAVME COMISIÓN AMBIENTAL DE LA MEGALÓPOLIS



Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.



MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

COMUNICACIONES
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

DESARROLLO TERRITORIAL
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGRARIO, TERRITORIAL Y URBANO

SALUD
SECRETARÍA DE SALUD

DIRECTORIO COORDINACIÓN EJECUTIVA DE LA COMISIÓN AMBIENTAL DE LA MEGALÓPOLIS

J. Víctor Hugo Paramo Figueroa
Coordinador Ejecutivo

Ramiro Barrios Castrejon
Coordinador de Gestión de la Calidad Ambiental en Zonas
Conurbadas y Metropolitanas

Erika Guzman Torres
Coordinadora de Enlace Institucional

Alejandro Villegas López
Coordinador de Vinculación de Políticas

Gloria Julissa Calva Cruz
Directora de Prevención y Control de la Contaminación
Urbana en Zonas Metropolitanas

Nancy Ivonne Pérez Villavicencio
Directora de Crecimiento Verde

Luis Fernando Lahud Flores
Director de Coordinación y Vinculación Institucional

Elaborado por:

- Consejo Internacional para el Transporte Limpio (ICCT)
- Cooperación Técnica Alemana (GIZ)
- Grupo de Liderazgo Climático C40 Cities
- Coordinación Ejecutiva de la CAME

Redacción y revisión

Por parte de la CAME

Alejandro Villegas, Lucina Hernández, Andrea Morales

Por parte de ICCT

Carlos Jimenez, Leticia Pineda

El ICCT agradece a la Climate & Clean Air Coalition (CCAC), por el apoyo recibido para la realización de este documento.

Por parte de C40

Jim D. Mayerstein, Marianely Patlán

Por parte de GIZ

Carolina Santos

Febrero, 2024

**Agradecemos la participación en este proceso participativo
de las siguientes instituciones y sus representantes:**

INTEGRANTES CAME

Secretaría del Medio Ambiente, Ciudad de México

Sergio Zirath Hernández Villaseñor
Fernanda Alvarado Altamirano
Petra Paz Ramírez

Secretaría de Movilidad, Ciudad de México

Andrés Lajous Loaeza
Diana Lucía Contreras Vargas
Linda Moreno

Metrobús, Ciudad de México

Gerardo Vidal Castro
Cesar Serrano Valerio

**Servicio de Transportes
Eléctricos, Ciudad de México**

Adriana Palacios Mata
Nayeli Reyes Cruz
Sergio Adán Hernández Serrano
Diego Alvare Guiccen

**Secretaría de Medio Ambiente
y Recursos Naturales, Estado de Hidalgo**

Ana Martínez
Yolanda Ángeles Castillo
Yadira García Valderrama
José Alfonso Aladro Cerón
José Alejandro Pérez Franco

**Secretaría de Movilidad y Transporte,
Estado de Hidalgo**

Lyzeth Robles Guitiérrez
José Antonio Pérez Sánchez

Sistema Integrado de Transporte Masivo de Hidalgo, Estado de Hidalgo

Humberto Cabrera Román
Miguel Ángel Monzalvo Muñoz

**Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible,
Estado de México**

Alhely Rubio Arronis
Fátima Ramírez Rodríguez
Fernando Alemán Rodríguez
Karla Molina

Instituto de Transporte del Estado de México

Candi Ashanti Dominguez Manjarrez

Sistema de Transporte Masivo y Teleférico, Estado de México

Miguel Monzalvo Muñoz
Jesús Daniel Peralta Rivera
Hugo Ariel Moreno Santillana

Secretaría de Desarrollo Sustentable, Estado de Morelos

Noé Ginez Hernández
Leticia Ramirez Becerril

Secretaría de Movilidad, Estado de Morelos

Missael Acosta Peñaloza

**Secretaría del Medio Ambiente, Desarrollo Sostenible
y Ordenamiento Territorial, Estado de Puebla**

Manuel Solis Tobón
Gerardo González
Angélica Montoya Martínez

Secretaría de Desarrollo Sustentable, Estado de Querétaro

Teófilo Gómez Su
Belisario Sánchez Alanís

Secretaría de Medio Ambiente, Estado de Tlaxcala

Eduardo Ruiz Santaella

Secretaría de Movilidad y Transporte, Estado de Tlaxcala

Carlos Sandro Nezahualcoyotl

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Daniel López Vicuña
Agustín Ávila Romero
Daniela Paola Ramos González
Judith Trujillo Machado
Diana Guzmán Torres
Kitzia Irina Oribe Aguilar

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano

Roxana Montealegre Salvador
Nora Guadalupe Gutiérrez González
Aldo Ulises Padilla Sánchez

Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

Miguel Ángel Sánchez Tenorio
Tiffany Negrete
Fernanda Ruiz Yoguez
María Alma Ramirez Jaramillo
José Yhomar Rayón García

COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR DE LA CAME

Telma Castro Romero
Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM

Gustavo Sosa Iglesias
Instituto Mexicano del Petróleo

Horacio Riojas Rodríguez
Instituto Nacional de Salud Pública, Secretaría de Salud

Odón de Buen Rodríguez
Consultor Independiente

GOBIERNO FEDERAL

Secretaría de Economía

Isaac Roberto Aldana Carbajal

Comisión Federal de Electricidad

Enrique Álvarez Raya
Pedro Luis Campos Serrano

Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía

Francisco Javier García Osorio
Itzel Tovar Paulino
Aimara Sarahi Flores Hernández

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

José Abraham Ortinez Alvarez
Eunice Cortés Alfaro

ORGANIZACIONES DE LA SOCIEDAD CIVIL Y ESPECIALISTAS

Consejo Internacional para el Transporte Limpio

Leticia Pineda Blanco
Carlos Jiménez Alonso
Ilse Avalos Vargas
Gonzalo García Miaja

Grupo de Liderazgo Climático C40 Ciudades

Marianely Patlán
Jim Durán Mayerstein

CALAC+

Marco Vinicio Balam Almaza

Centro Mario Molina

Julieta Leo Lozano

El Poder del Consumidor

Victor Alvarado Angeles

Global Green Growth Institute

José Luis Amaya Loustaunau

Iniciativa Climática Mexicana

Jorge Villareal Padilla

Luisa Sierra

Alexa Preinfalk

Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo

Bernardo Baranda Sepulveda

Red Planners

Alberto Marín Fernández

Parménides Canseco

World Resources Institute

Rodrigo Díaz González

Angélica Mazorra Obando

**Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería
y Ciencias Sociales y Administrativas, IPN**

Javier Hernández Hernández

**COOPERACIÓN INTERNACIONAL
Y BANCA DE DESARROLLO**

Cooperación Técnica Alemana en México

Stephanie Hartmann

Isabel von Griesheim

Carolina Santos del Río

Andrea Cardenas

Angelica Lara Torres

Agencia Francesa para el Desarrollo

Arnaud Dauphin

**Programa de las Naciones Unidas
para el Medio Ambiente**

Carlosr Mir

Banco Interamericano de Desarrollo

Amado Crotte Alvarado

Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos

Dulce Valeria Hernández Pérez

Mario Enrique Reyes Pérez

Nacional Financiera

Siddartha Flores Villegas

Mario Bocanegra Romero

SOCIEDADES INDUSTRIALES

Asociación Mexicana de Transporte y Movilidad

Nicolas Rosales Pellares

Pablo Elío Blanco Cornejo

**Asociación Nacional de Productores de Autobuses,
Camiones y Tractocamiones**

Miguel Ogazón Del Abrego

Esteban Vivar Montoya

Asociación Nacional de Transporte Privado

Daniel Estelius Montañez Nava

Asociación Mexicana de Vehículos Eléctricos

Diana Avalos Morales

E-Mobilitas

Aldo Cerezo

Megaflux

Thomas Gottfried

Jorge Suárez Velandia

Grupo Modelo

Diana Goch Salas
Diego Fernando Castillo

Transportes SAJJ

Ricardo Avelino Davila
Paulina Mandujano Tejero

Yutong México

Michael Ren
Emmanuel Sigüenza Valencia
Jonathan Castillo Vázquez

COORDINACIÓN EJECUTIVA DE LA CAME

J. Víctor Hugo Páramo Figueroa
Ramiro Barrios Castrejón
Laura Erika Guzmán Torres
Alejandro Villegas López
Gloria Julissa Calva Cruz
Nancy Ivonne Pérez Villavicencio
Luis Fernando Lahud Flores
Ana Lilia Ubaldo Moreno
Ariadna Rodríguez Buenrostro
Ricardo Daniel Ramírez Pérez
Eduardo Alberto Durán Rodríguez
Norma Lucina Hernández Juárez
Andrea Morales Godoy
Jennifer Sandra García Escalante
Mónica Palomero Rivero
Yeni Solis Reyes
César Augusto Flores Agatón
Ma. Elena Camargo Davila
Víctor Manuel Sánchez Rodríguez
Jorge David Santacruz Morthy
Israel Huipio Montesinos
Mario Alberto Sánchez Sánchez
Sara Guadalupe Montiel Yáñez
Carmen Lizeth Huerta Gutiérrez

CONTENIDO

Proceso participativo para catalizar proyectos de movilidad eléctrica en la Megalópolis	14
Taller de expertos para catalizar proyectos de movilidad eléctrica en la Megalópolis	16
Diagnóstico para impulsar proyectos de movilidad eléctrica en la Megalópolis	17
Introducción	18
1) Motivaciones y fundamentos para promover la movilidad eléctrica	20
1.1) Calidad del aire en la Megalópolis	21
1.2) La contaminación del aire y sus impactos a la salud	24
1.3) El cambio climático y acciones internacionales y nacionales para disminuir la contaminación del aire	30
1.4) La importancia de la movilidad sostenible y el transporte eléctrico	33
2) Diagnóstico de sistemas de transporte y movilidad en las metrópolis de la Megalópolis	39
2.1) Transporte de pasajeros	40
a) Diagnóstico del transporte particular en la Megalópolis	40
b) Diagnóstico de transporte público en la Megalópolis	44
Ciudad de México	45
Estado de México	47
Hidalgo	48
Morelos	49
Puebla	50
Querétaro	52
Tlaxcala	53
c) Infraestructura para la movilidad no motorizada	54
Ciudad de México	55
Estado de México	55
Hidalgo	55
Querétaro	56

2.2) Transporte de carga	57
a) Identificación de empresas que han implementado vehículos a baterías en sus procesos de reparto	58
b) Identificación de empresas que han implementado movilidad no motorizada en sus procesos de reparto	61
2.3) Identificación de la infraestructura para la recarga de vehículos	62
2.4) Avances del transporte público eléctrico en la Zona Metropolitana del Valle de México	63
3) Incentivos y legislación para la movilidad eléctrica en la Megalópolis	67
3.1) Incentivos vigentes para el transporte eléctrico por segmento de flota	69
a) Autobuses de transporte público de orden federal	69
b) Autobuses de transporte público de orden local	69
c) Vehículos ligero (taxis y particulares) de orden federal	71
d) Vehículos ligeros (taxis y particulares) de orden local	72
e) Transporte de carga de orden federal	73
f) Transporte de carga de orden local	74
3.2) Incentivos vigentes para la infraestructura de recarga	75
3.3) Incentivos propuestos para catalizar la movilidad eléctrica por segmento de flota	76
a) Autobuses de transporte público	76
b) Vehículos ligeros (taxis y particulares)	76
c) Transporte de carga	76
3.4) Incentivos propuestos para la infraestructura de recarga	79
3.5) Incentivos propuestos para la movilidad no motorizada	80
3.6) Legislación y normatividad para la movilidad eléctrica	81
4. Consideraciones para adoptar la movilidad eléctrica en las entidades de la Megalópolis	83
4.1) Lecciones aprendidas durante la elaboración del diagnóstico	85
a) Transporte público de mediana y alta capacidad	85
b) Transporte público individual (taxis)	86
c) Transporte de carga de última milla	87
d) Micromovilidad de pasaje y carga	87
4.2) Sigüientes pasos para impulsar la movilidad eléctrica	89
Glosario	91
Referencias	94

Proceso participativo para catalizar proyectos de movilidad eléctrica en la Megalópolis

El proceso participativo para catalizar proyectos de movilidad eléctrica en la Megalópolis busca generar un diálogo plural, incluyente y multiactor, que permita la construcción de políticas públicas que fomenten el transporte eléctrico y la movilidad sostenible en esta región del país. Se espera que, a partir de este proceso, se prioricen proyectos de transporte eléctrico en segmentos de flota para transporte público, micromovilidad de pasajeros, así como para el transporte de carga, que conlleven beneficios ambientales y sociales. Además, se tiene como objetivo acelerar la realización de dichos proyectos en los sistemas de movilidad de las metrópolis de la región.

Derivado de este proceso, se construyó un diagnóstico participativo, con el que se espera encontrar las rutas para avanzar en la adopción de tecnologías eléctricas para la movilidad, tanto de personas como de mercancías en las siete entidades que conforman la Megalópolis.

El proceso participativo se conformó de cinco etapas:

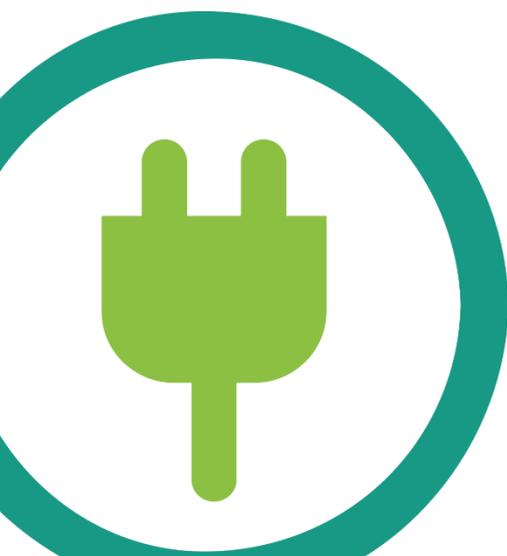
1. La elaboración de un documento como base para entablar el diálogo participativo. Dicho documento contiene las motivaciones para impulsar la movilidad sostenible y el transporte eléctrico, así como un diagnóstico preliminar sobre la movilidad en las entidades de la Megalópolis.
2. La realización de un taller de expertos donde participaron los principales exponentes en la materia, entre ellos, representantes del sector público, el sector industrial, organizaciones no gubernamentales y la academia. En dicha sesión, se puso a discusión el documento de análisis y se validaron los datos contenidos en ella.
3. La solicitud de información de los sistemas de movilidad de cada entidad para complementar el diagnóstico incluyendo registros de sistemas integrados de movilidad, taxis, flotas de carga, movilidad no motorizada y sus proyectos previstos.

4. La revisión del documento diagnóstico y la adición de los comentarios realizados por los participantes del taller.
5. La presentación de la versión final del documento diagnóstico y los siguientes pasos.

Con lo anterior, se espera:

1. Fomentar proyectos de movilidad eléctrica y sostenible que sean previstos para el año 2030 en las metrópolis de la región, los cuales ofrezcan beneficios ambientales y a la salud pública, así como con un enfoque de equidad social. En este sentido, se debe dar prioridad al impulso del transporte público de pasajeros, el traslado de mercancías y a la movilidad ciclista y peatonal.
2. Con el desarrollo de estos proyectos es posible reducir las emisiones locales del transporte en las metrópolis de la región, ya que los vehículos eléctricos no producen contaminantes en el escape. Además, se obtienen ganancias en la mitigación de gases y compuestos de efecto invernadero (GyCEI) derivados de mayor eficiencia energética de estos vehículos.
3. Asimismo, en la medida que la carga de vehículos eléctricos se realice de fuentes renovables de energía, se suman beneficios sustanciales para la mitigación de GyCEI.

Para obtener óptimos resultados de ese proceso, se considera esencial priorizar la construcción de una visión compartida sobre el transporte eléctrico y la movilidad sostenible, ya que es un insumo indispensable para la elaboración de políticas públicas efectivas. Por lo anterior, se deben crear condiciones para propiciar viajes a modos más limpios y eficientes, mejorar las tecnologías para reducir emisiones y promover la eficiencia energética, así como evitar distancias largas y número de viajes a partir de la planeación del desarrollo urbano orientado al transporte.



Taller de expertos para catalizar proyectos de movilidad eléctrica en la Megalópolis

La construcción de una visión compartida del transporte eléctrico y la movilidad sostenible requiere del diálogo multisectorial. Por ello, el 8 de junio del 2023, se desarrolló el Taller de expertos para catalizar proyectos de movilidad eléctrica en la Megalópolis. El objetivo de este espacio fue discutir y validar la información plasmada previamente en el documento diagnóstico. Al evento asistieron personas especialistas y los principales agentes en materia de transporte eléctrico y movilidad sostenible.

Durante el taller se presentaron, en plenaria, las motivaciones y fundamentos ambientales para impulsar proyectos de transporte eléctrico y movilidad sostenible. Asimismo, se presentó un diagnóstico preliminar sobre flotas susceptibles a electrificar en las entidades de la Megalópolis, así como los incentivos vigentes y los incentivos propuestos para impulsar la electrificación del transporte. Cada presentación se complementó con la discusión en mesas de trabajo donde se respondieron las siguientes preguntas:

- ¿Es correcta la información presentada?
- ¿Está completa la información presentada?
- ¿Agregaría una opinión a la información presentada?

Cada mesa se conformó por un moderador y un reportero, quienes se encargaron de guiar la discusión y recabar datos adicionales y/o comentarios a la información que se presentó durante el evento. Posteriormente, se integró al documento diagnóstico.



**Diagnóstico para
impulsar proyectos
de movilidad
eléctrica en
la Megalópolis**



Foto: Freepik

INTRODUCCIÓN

La Megalópolis comprende el territorio de siete entidades del centro del país: Ciudad de México y los estados de Hidalgo, México, Morelos, Puebla, Querétaro y Tlaxcala. Tiene una extensión de 31 mil km², una población de 41.5 millones de habitantes y es dónde se genera el 33% del PIB nacional. Con el fin de armonizar las acciones, programas y proyectos de prevención y control de la contaminación ambiental en esta región, se creó en el año 2013 la Comisión Ambiental de la Megalópolis que se integra por el jefe de gobierno y las y los gobernadores de esas seis entidades, además de las personas titulares de las secretarías del gobierno federal Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), Secretaría de Salud (SALUD) y la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT).



Ubicación geográfica de la Megalópolis

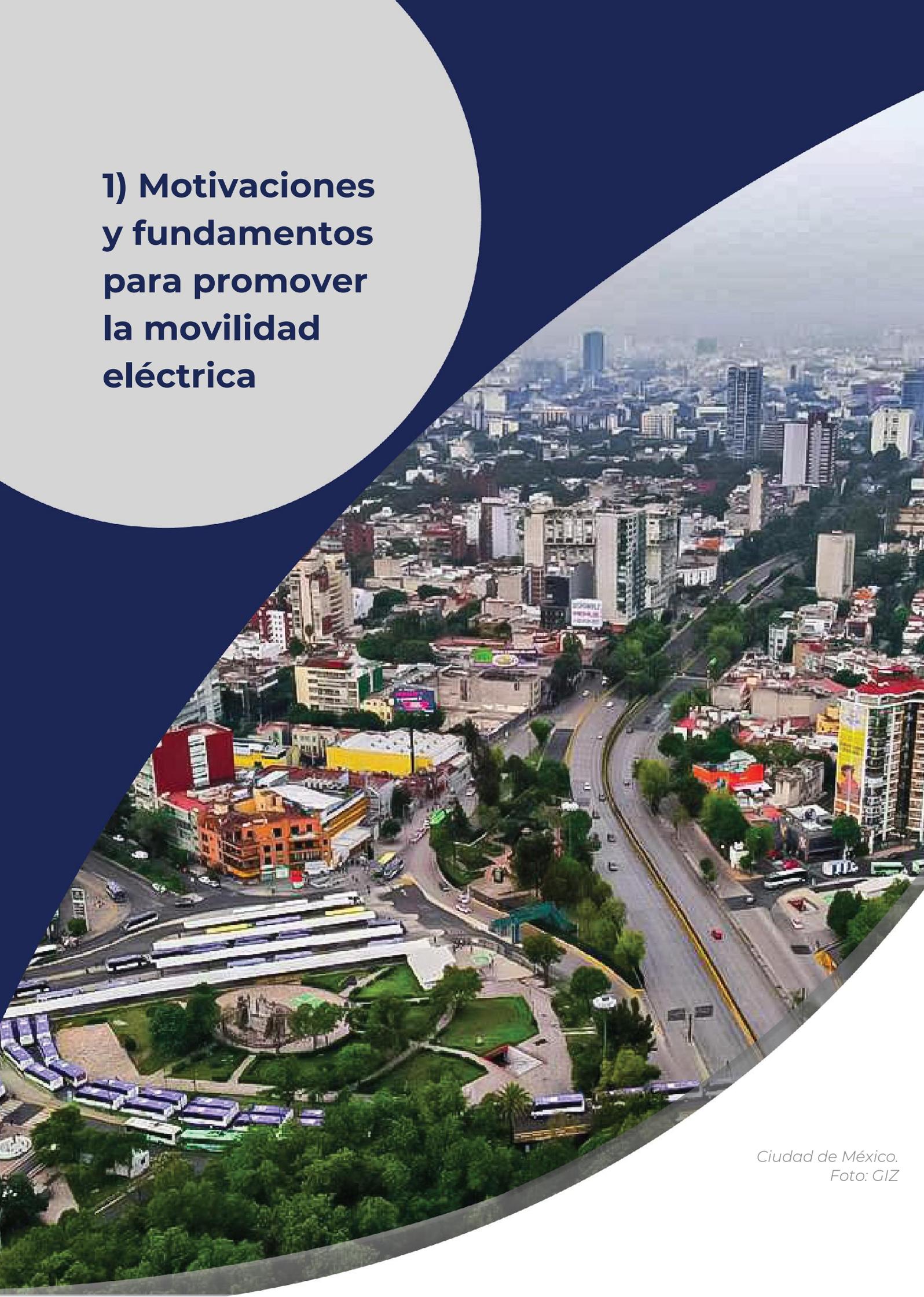
La región cuenta con 12 metrópolis con una población de 31.8 millones de personas en espacios urbanos (ver listado en la tabla anexa 1), las cuales se mantienen estrechamente vinculadas debido a las dinámicas sociales y económicas que ocurren en la región. Por ello, se demanda una oferta

amplia de servicios asociados a la movilidad de manera regional y dentro de las metrópolis. El presente documento compila la información disponible del transporte público de pasajeros y carga de las 12 metrópolis localizadas en las entidades que integran la Megalópolis. Se busca tener una base para la elaboración de análisis, desarrollo de proyectos, programas y políticas, así como para la elaboración de proyecciones para la introducción de vehículos eléctricos, rutas, líneas y sistemas de transporte estructurado, con su respectiva infraestructura de recarga. Lo anterior, teniendo en mente un marco de movilidad sostenible para mejorar la eficiencia, accesibilidad, equidad y el medio ambiente de las ciudades.

El diagnóstico se divide en cuatro secciones. En la primera se explican las motivaciones del texto: beneficios ambientales, cumplimiento de compromisos internacionales y acciones de mitigación ante el cambio climático. En la segunda sección, se informa mediante datos cuantitativos el estado del transporte estructurado por cada entidad de la Megalópolis. En ella se incluye el transporte de pasajeros, el transporte de carga y la infraestructura de recarga. En la tercera sección, se describen los incentivos existentes para la movilidad eléctrica a nivel federal y a nivel local. Más adelante, se enlistan los incentivos propuestos que se pueden impulsar desde las instancias gubernamentales a nivel federal y local. Finalmente, en la cuarta sección se exploran las lecciones aprendidas y los pasos siguientes en el corto, mediano y largo plazo para incrementar el número de programas y proyectos orientados a la transición eléctrica y sostenible del sector transporte.



1) Motivaciones y fundamentos para promover la movilidad eléctrica



*Ciudad de México.
Foto: GIZ*

1.1) Calidad del aire en la Megalópolis

Las actividades humanas asociadas a los procesos productivos han ido deteriorando la calidad del aire, particularmente en las metrópolis. Los principales contaminantes del aire que se presentan en estas zonas son las partículas suspendidas con diámetros máximos de 2.5 μm y de 10 μm ($\text{PM}_{2.5}$ y PM_{10}), además de diferentes gases como los óxidos de nitrógeno (NO_x), el monóxido de carbono (CO) y los compuestos orgánicos volátiles (COV). Asimismo, la calidad del aire se ha visto perjudicada por las sustancias que se liberan a la atmósfera debido a diversas actividades cotidianas: cocinar, el funcionamiento de tintorerías, la acumulación de residuos, el uso de pinturas y solventes, los procesos industriales y el transporte de personas y mercancías.

A finales de los años 80 y principios de los 90, la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) era considerada una de las urbes más contaminadas del mundo. Se estima que, en esas décadas, circulaban aproximadamente 200 mil vehículos que no contaban con tecnologías de control de emisiones (SEMARNAT, 2018). Actualmente, la mayoría de los automotores que circulan por la ZMVM, y otras metrópolis del país, cuentan con tecnologías de control de emisiones como los convertidores catalíticos y los sistemas *On Board Diagnostics* (OBD).

No obstante, la calidad del aire en esta zona sigue siendo un problema urgente que atender, debido a que el número de vehículos en circulación incrementó a 6.4 millones dentro de los límites de la ZMVM en 2020 y la tendencia continúa en aumento (ver figura 1). Durante ese año, del volumen total de vehículos el 92% son de uso particular (incluye automóviles, camionetas y motocicletas), el 5% corresponde al transporte público de pasajeros (incluye taxis, autobuses, autobuses articulados, vagonetas, microbuses y midibuses) y el 3% a los vehículos de carga para el reparto de mercancías (SEDEMA, 2023).

Figura 1: Población y número de vehículos ligeros de combustión interna en circulación en la ZMVM (1994-2020) por año



Fuente: INEGI, 2021 y SEDEMA, 2023

Adicionalmente, el Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Criterio (INEM), publicado en 2018, muestra que, para la región de la Megalópolis, las emisiones del transporte representan el 37% de las PM₁₀, el 45% de las PM_{2.5} y el 95% de los NO_x, del total de emisiones urbanas (ver tabla 2.a y 2.b). En este sentido, en las metrópolis, el sector transporte aporta más emisiones a la atmósfera que el sector industrial.

Tabla 2.a: Aportación porcentual de fuentes de emisiones al inventario de contaminantes urbanos de las entidades de la Megalópolis

Fuente	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	NO _x	COV
Transporte	37	45	88	95	27
Industriales	17	19	1	2	22
Actividades diversas	45	36	10	1	51

Tabla 2.b: Aportación porcentual de fuentes urbanas con respecto a las fuentes totales de las entidades de la Megalópolis

Fuente	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO	Nox	COV
Emisiones urbanas con respecto al total de emisiones de las entidades de la Megalópolis	72	68	91	75	77

Fuente: Teejeda Le Blanc & Cía., S.C. & LT Consulting, 2023

Nota: Para la estimación de fuentes urbanas se descartaron fuentes naturales y las fuentes derivadas de actividades como labranza, vehículos fuera del camino y otras actividades rurales.

Asimismo, el monitoreo de contaminantes atmosféricos, que se reporta en el Informe Nacional de la Calidad de Aire 2020 (INECC, 2022), indica que en algunas zonas urbanas de la Megalópolis no se cumplen las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) sobre calidad del aire. Para poder garantizar la salud de la población, se consideran dos criterios para cada contaminante, los cuales dependen de sus factores de emisión y dispersión. En el caso de los PM los criterios son de 24 horas y promedio anual, y en el caso del O₃ el criterio es para una hora y el promedio de ocho horas. Al cumplirse en conjunto los criterios de cada contaminante, es posible asegurar la calidad del aire. Para la región megalopolitana, en casi todas las estaciones de monitores se rebasa al menos uno de los dos parámetros establecidos para cada contaminante. En el reporte, se señalan que:

- Los criterios de 24 horas y el promedio anual para PM₁₀, en conjunto, solo se cumplen en cuatro de los 15 sistemas de monitoreo ubicados en la Megalópolis.
- Los criterios de 24 horas y el promedio anual para PM_{2.5}, en conjunto, no se cumplen en ninguna de las 15 estaciones ubicadas en la Megalópolis.
- Los criterios de una hora y de ocho horas para O₃ se cumplieron en conjunto en dos de las 15 estaciones de la Megalópolis.



1.2) La contaminación del aire y sus impactos a la salud

La contaminación del aire está estrechamente relacionada con problemas de salud pública en las metrópolis, ya que los contaminantes que se emiten a la atmósfera tienen impactos a la salud humana. En 2014, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró que la contaminación del aire es “el mayor riesgo para la salud ambiental del mundo”, ya que es un factor para el desarrollo de enfermedades que incapacitan a las personas o provoca muertes prematuras (Roy & Braathen, 2017). La OMS estima que, durante 2019, la contaminación del aire (ambiental) provocó 4.2 millones de muertes prematuras a nivel mundial (OMS, 2022). Del total de muertes atribuidas a la contaminación del aire, el 70% ocurrieron en países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico y del bloque conocido como BRIICS (que integra a países emergentes como Brasil, Rusia, India, Indonesia, China y Sudáfrica). Según Roy y Braathen (2017), esta tendencia podría permear a nivel mundial.

La contaminación del aire también tiene impactos económicos directo, ya que genera mayores costos asociados con atención médica y pérdida de productividad. Además, tiene un impacto social significativo debido a sus efectos en la salud mental y en la calidad de vida, siendo las personas en situación de marginación las más afectadas (C40 Cities, 2023).

En el caso de México, datos recabados por Roy y Braathen (2017) aseguran que las muertes prematuras asociadas a la contaminación del aire durante 2015 fueron 228 por cada millón de habitantes, lo que se tradujo en un costo de 58,620 millones de USD, que representa el 2.7% del Producto Interno Bruto (PIB). Datos complementarios indican que, en nuestro país, alrededor de 8,100 muertes prematuras, asociadas a enfermedades respiratorias y cardiovasculares, se originan por la exposición de $PM_{2.5}$ y O_3 provenientes del sector transporte (Anenberg et al., 2019).

El aumento en el número de enfermedades asociadas a la contaminación del aire se debe, en gran medida, al crecimiento acelerado de las metrópolis y a la gran cantidad de emisiones de contaminantes atmosféricos que se generan dentro de estas (OMS, 2021). Los principales efectos a la salud debido a los contaminantes del aire se relacionan con el sistema respiratorio, el sistema cardiovascular e incluso con la degradación neuronal. Dichos efectos se enlistan por contaminante en la tabla 3.



Tabla 3: Efectos de los contaminantes atmosféricos en la salud

Contaminante	Efectos en la salud
PM ₁₀	<ul style="list-style-type: none"> ● Agravan el asma. ● Favorecen enfermedades respiratorias y cardiovasculares. ● Disminución en el tamaño del feto. ● Reducción en la función pulmonar de recién nacidos. ● Asociado a la mortalidad en todos los grupos de edad de la población.
PM _{2.5}	<ul style="list-style-type: none"> ● Ingresan a la región más pequeña del sistema respiratorio. ● Agravan el asma. ● Reducen la función pulmonar. ● Disminución en el tamaño del feto. ● Reducción en la función pulmonar de recién nacidos. ● Asociado a la propensión de diabetes. ● Asociado a la mortalidad en todos los grupos de edad de la población.
CO	<ul style="list-style-type: none"> ● Inhabilita el transporte de oxígeno hacia las células. ● Provoca mareos, dolor de cabeza, náuseas, estado de inconsciencia e incluso la muerte.
NO _x	<ul style="list-style-type: none"> ● Irrita los ojos, la nariz, la garganta y los pulmones. ● Provocan tos y sensación de falta de aliento, cansancio y náusea. ● A altos niveles puede producir quemaduras, espasmos y dilatación de los tejidos en la garganta y las vías respiratorias superiores, lo que reduce la oxigenación de los tejidos del cuerpo, produce la acumulación de líquido en los pulmones y provoca la muerte.
COV	<ul style="list-style-type: none"> ● Provoca irritación de ojos, nariz y garganta, dolores de cabeza, pérdida de coordinación y náuseas. ● Daña el hígado, los riñones y el sistema nervioso central. ● Algunos compuestos orgánicos pueden causar cáncer.
O ₃	<ul style="list-style-type: none"> ● Provoca irritación en el sistema respiratorio. ● Reduce la función pulmonar. ● Agrava el asma. ● Inflama y daña las células que recubren los pulmones. ● Agravan las enfermedades pulmonares crónicas. ● Causan daño pulmonar permanente. ● Asociado a la mortalidad en todos los grupos de edad de la población.

Fuente: SEDEMA, 2010; EPA, 2023; ATSDR, 2016



Asimismo, el Dr. Horacio Riojas, especialista en el área epidemiología ambiental y miembro del Comité Científico Asesor de la CAME, durante su ponencia titulada *Daños a la salud por la contaminación de fuentes móviles en la Megalópolis*, presentada en el taller de expertos, el 8 de junio del 2023, mencionó que los grupos poblacionales más vulnerable ante la contaminación del aire son:

- Las infancias, ya que su capacidad respiratoria es proporcionalmente mayor y ellos aspiran mucha más contaminación del aire en relación con su peso corporal que un adulto en circunstancias similares.
- La exposición de las personas gestantes, pone en riesgo el desarrollo del feto y define las condiciones de salud y enfermedad que enfrentará durante su vida.
- Las personas adultas mayores, porque metabolizan las toxinas a un ritmo más lento, dosis menores de una determinada sustancia tendrán un efecto mayor sobre los adultos mayores que sobre adultos más jóvenes; y
- Las personas con enfermedades previas, debido a que pueden sufrir un agravamiento de los síntomas.

Ante el rápido deterioro de la calidad del aire en las metrópolis, desde 2005, la OMS se ha encargado de generar recomendaciones cuantitativas para la gestión de la calidad del aire. En ellas se establecen las concentraciones máximas permisibles de contaminantes atmosféricos.

Dichos valores son un referente mundial para disminuir los riesgos de exposición y proteger la salud de la población. Las directrices consideran seis contaminantes que afectan directamente a la salud pública: los $PM_{2.5}$ y PM_{10} , el O_3 , el dióxido de nitrógeno (NO_2), el dióxido de azufre (SO_2) y el monóxido de carbono (CO) (OMS, 2021). A pesar de que estas directrices no son vinculantes, son herramientas que pueden generar legislación y elaboración de políticas públicas informadas y orientadas a atender esta problemática.

En México, la Secretaría de Salud es la encargada de evaluar el impacto de la contaminación ambiental en la salud pública y establece los límites máximos permisibles de concentración de los contaminantes locales, los cuales se regulan a través de las NOM sobre calidad del aire (COFEPRIS, 2017). El Gobierno de México ha realizado esfuerzos para que esta normatividad se alinee progresivamente a las directrices propuestas por la OMS.

Actualmente, las NOM que están alineadas con los valores de referencia son las de CO en los dos parámetros de tiempo establecidos (promedio móvil de ocho horas y promedio de una hora) y el NO_2 en uno de sus parámetros temporales (promedio de una hora). En el caso del O_3 , se espera que, en los próximos años, pueda estar alineado a los valores de la OMS en el parámetro temporal del promedio móvil de ocho horas. Para el resto de los compuestos, es decir PM_{10} $PM_{2.5}$ SO_2 , se requiere un esfuerzo mayor para su regulación, dado que en la mayoría de los casos se establecieron límites máximos permisibles superiores a los recomendados por la OMS (ver tabla 4).



Tabla 4: Comparación de valores límite de calidad del aire en México (NOM-SSA1) contra los valores guía de la Organización Mundial de la Salud (2021)

Contaminante	Periodo	Valores límite NOM vigente (2021) $\mu\text{g}/\text{m}^3$			Valores guía de la OMS $\mu\text{g}/\text{m}^3$				
		Año 1 (2022)	Año 3 (2024)	Año 5 (2026)	Inter-medio 1	Inter-medio 2	Inter-medio 3	Inter-medio 4	Valor guía
O ₃	Promedio móvil 8 horas	27	118	100	160	120	-	-	100
CO	Promedio móvil 8 horas	10,000			-	-	-	-	10,000
	Promedio de 1 hora	30,000			-	-	-	-	35,000
NO ₂	Promedio anual	40			40	30	20		10
	Promedio de 1 hora	200			-	-	-	-	200
PM ₁₀	Promedio anual	36	28	20	70	50	30	20	15
	Promedio de 24 horas	70	60	50	150	100	75	50	45
PM _{2.5}	Promedio anual	10			35	25	15	10	5
	Promedio de 24 horas	41	33	25	75	50	37.5	25	15
SO ₂	Promedio 24 horas	104.8			125	40	-	-	40

Fuente: Elaborada por la CAME, a partir de datos de la Normas Oficiales Mexicanas y de las directrices de la OMS (SALUD, 2019; SALUD, 2021; OMS, 2021).



Foto: Freepik

1.3) El cambio climático y acciones internacionales y nacionales para disminuir la contaminación del aire

Las emisiones a la atmósfera provocadas por las actividades humanas no solo generan mala calidad del aire. Aunado a ello, existen compuestos emitidos a la atmósfera que son considerados de efecto invernadero, lo que provoca el calentamiento global y el cambio climático, el cual está clasificado como uno de los mayores retos que enfrenta la humanidad en la actualidad. Entre los gases y compuestos de efecto invernadero (GyCEI) más nocivos destacan el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el carbono negro. A nivel nacional, el sector transporte representa entre el 35% y casi el 70% de las emisiones de GyCEI (ver tabla 5).

Tabla 5: Aportación porcentual de fuentes de emisiones al inventario de gases y compuestos de efecto invernadero urbanos a nivel nacional

	CO ₂	CH ₄	NO ₂	Carbono negro
Transporte	35	12	67	60
Industria	58	6	15	40
Otras actividades	7	82	17	0

Fuente: INECC, 2020



Foto: Tren ligero

Los efectos del cambio climático pueden ser altamente perjudiciales para las personas, por lo que es necesario generar acciones y estrategias para evitar que los cambios asociados a este fenómeno sean drásticos. En los últimos años, México ha integrado componentes ambientales a la legislación nacional y ha suscrito compromisos internacionales que conllevan la adopción de regulaciones y políticas alineadas a las metas globales de reducción de emisiones para la mitigación del cambio climático.

En este sentido, México presentó, ante la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, COP 27, una actualización de la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés), donde se estableció reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en un 35% para el 2030, lo que equivale a 347 MtCO₂e, que integra una meta de ventas de 50% vehículos ligeros nuevos cero emisiones (SRE, 2022). Lo anterior, bajo el supuesto que el 30% del financiamiento de dicha reducción sea a través de recursos nacionales y el 5% restante provenga de la cooperación internacional. En cuanto al carbono negro, se espera que la disminución sea del 50% para el mismo año (INECC, 2022). Por ello,

es imperante que se exploren todas las alternativas disponibles que mejoren las dinámicas de movilidad en las metrópolis.

El marco normativo federal contempla instrumentos de carácter internacional como el Acuerdo de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030. Los ODS presentan una serie de metas a través de las cuales se han encaminado acciones para lograr la sustentabilidad en diversos ámbitos. De acuerdo con lo descrito en la Agenda 2030, impulsar políticas para el mejoramiento de la calidad del aire y movilidad sostenible significa atender los siguientes objetivos: Salud y Bienestar (objetivo 3); Igualdad de Género (objetivo 5); Reducción de las Desigualdades (objetivo 10); Ciudades y Comunidades Sostenibles (objetivo 11); y Acción por el Clima (objetivo 13) (ONU, n.d.). De igual forma, se ha publicado la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), la Ley General de Cambio Climático (LGCC), y las leyes emitidas por los gobiernos de las entidades federativas.

De igual manera, en México se han adoptado diversas medidas para cumplir con las NDC. Entre ellas, destaca el Proyecto de NOM-163-SEMARNAT-SCFI-2023, el cual se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 9 de junio de 2023. La NOM exige que los vehículos ligeros nuevos que los corporativos comercializan en México cumplan con niveles más estrictos de emisiones de CO₂. De esta forma, contribuye a que se proyecten metas más ambiciosas en la venta de tecnologías limpias.

Adicionalmente, algunas entidades de la Megalópolis han desarrollado programas de calidad del aire para prevenir y controlar la emisión de contaminantes que afectan la salud pública, así como programas de acción climática para mitigar GyCEI y programas específicos para reducir las emisiones de fuentes móviles como los Programas de Verificación Vehicular Obligatoria armonizados por la CAME.





1.4) La importancia de la movilidad sostenible y el transporte eléctrico

De acuerdo con el último reporte del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), entre las estrategias clave para lograr la reducción de emisiones atmosféricas se encuentra incentivar a la movilidad sostenible, la cual contempla medidas para la movilidad activa y la transición a vehículos eléctricos para el transporte público y las entregas de última milla.

Fomentar opciones de movilidad sostenible implica desarrollar políticas a partir de tres pilares principales: evitar, cambiar y mejorar la forma de gestionar viajes (el modelo A-S-I por sus siglas en inglés) (TUMI, 2019). Dichos pilares se traducen en:

- Evitar (*Avoid*), que se refiere a reducir las necesidades de desplazamiento y la longitud de los viajes lo que se logra con políticas públicas que integren el desarrollo urbano con la infraestructura para la movilidad peatonal, ciclista y el transporte público.

Asimismo, introducir medidas de gestión de la demanda del transporte como el acceso al teletrabajo y el escalonamiento de horarios.

Un ejemplo de estrategias a desarrollar es la introducción de Zonas de Baja Emisión (ZBE) en las que, en un área específica, se fomenta el uso de vehículos limpios y eficientes sobre los que no lo son, con el fin de reducir la contaminación a la que está expuesta la población. Además, en estos espacios se prioriza el transporte público estructurado y se fomenta la movilidad activa a través de infraestructura segura para las personas.

- Cambiar (*Shift*), que busca mejorar la eficiencia de los viajes sustituyendo los viajes individuales, los cuales tradicionalmente se realizan en automóviles, hacia modos colectivos, que a pesar que se siguen generando emisiones, representa un menor consumo de energía por pasajero/km, así como mayor nivel de equidad en cuanto a la ocupación en el uso del espacio público.
- Mejorar (*Improve*), que considera la eficiencia de las tecnologías de control de emisiones atmosféricas en los vehículos privados y de los sistemas de transporte público. Estas mejoras ocurren a través de tecnologías Euro VI, similares o superiores, y vehículos eléctricos para el transporte público y entregas de última milla. Además, se debe considerar la optimización operativa a través del uso de tecnologías de la información y computación y de servicios guiados por la demanda “*mobility as a service*”.



Foto: GIZ



Foto: Colectivo Tomate

En este sentido, el modelo A-S-I puede ser contemplado para incentivar el uso de la movilidad sostenible y la incorporación de tecnologías eléctricas en la Megalópolis, lo que se considera urgente debido a que el intercambio de bienes y servicios en esta región se realiza a gran escala. En la Megalópolis, se realizan una gran cantidad de viajes dentro de las ciudades. Se estima que en México diariamente se trasladan 103 millones de personas utilizando diferentes modos de transporte, de los cuales 34.5 millones de ellos se concentran en la ZMVM (SEDATU, 2016).

El reparto modal en la ZMVM varía según el destino, y al menos para ir a la escuela e ir al trabajo, se observan diferencias evidentes, lo que puede depender de las distancias que se deben recorrer (ver figuras 2.a y 2.b). Para ir a la escuela, en todas las entidades de la Megalópolis el modo predominante es la caminata, seguido del uso de transporte público. En menor medida, se observa el uso de transporte escolar y la bicicleta, los cuales posiblemente requieran del desarrollo de planes de transporte escolar y de infraestructura adecuada para la movilidad no motorizada o de su mejoramiento. El conjunto de estos modos colectivos y activos puede contribuir a evitar los viajes en auto particular.

En el caso de los viajes al trabajo, el mayor volumen de personas, en las siete entidades, se mueven en transporte público, seguido del auto particular y en menor medida se utiliza la bicicleta y el transporte de personal. A pesar de que la mayoría de los habitantes de la Megalópolis se trasladan en transporte público, usualmente es un medio de transporte ineficiente, contaminante y de mala calidad, por lo que es necesario enfocar políticas públicas para su mejoramiento y de igual forma, reducir los viajes en auto particular. Los planes para mejorar la calidad de

transporte público deben incluir la sustitución por unidades eléctricas, lo que permitirá la reducción de emisiones locales y una mejor calidad del aire. Asimismo, se deben considerar planes de transporte empresarial que incluya estas mismas tecnologías.

Figura 2.a: *Porcentaje de viajes a la escuela por modo de transporte en la Megalópolis.*

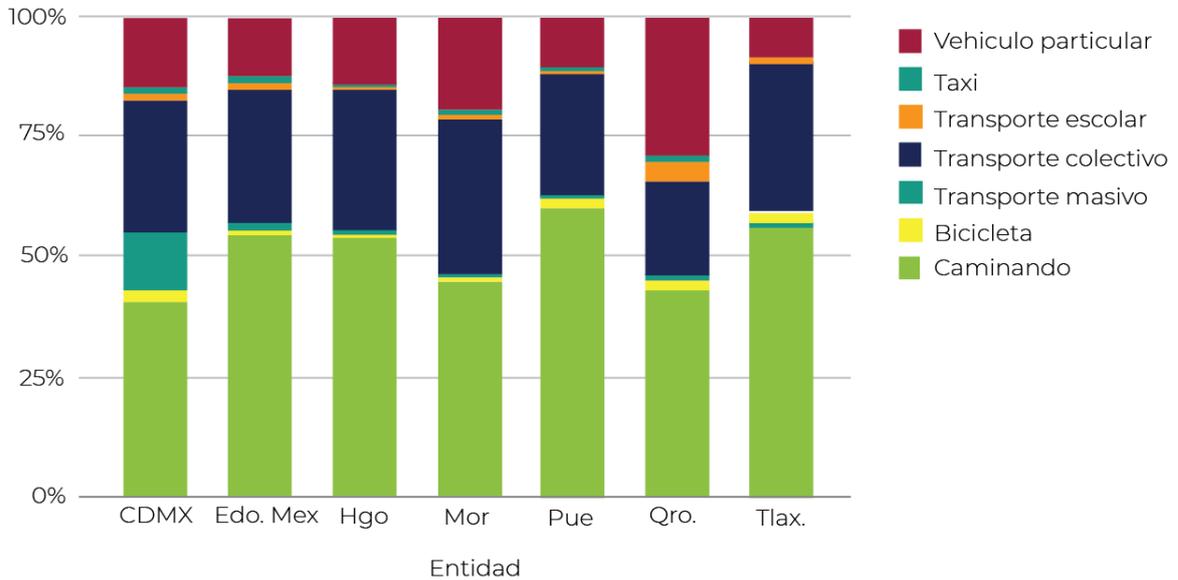
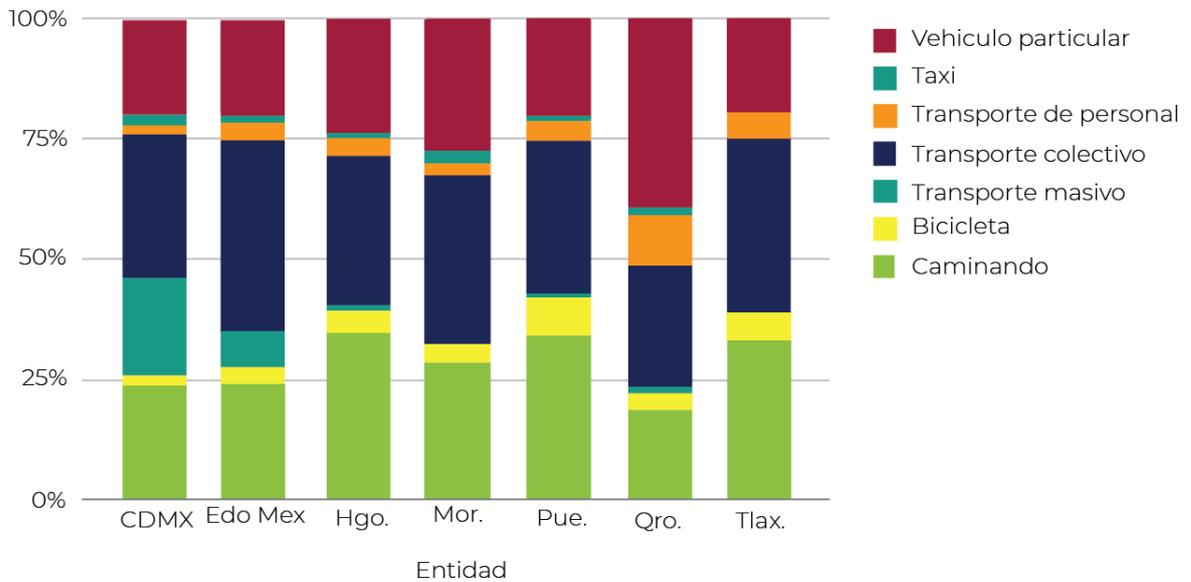


Figura 2.b: *Porcentaje de viajes al trabajo por modo de transporte en la Megalópolis.*



Fuente: SEDATU, 2016

Dado el volumen de personas que realizan viajes dentro de la Megalópolis, la movilidad representa una gran cantidad de emisiones a nivel nacional y, por lo tanto, un área de oportunidad. Como se mencionó anteriormente, en la Megalópolis, las emisiones urbanas equivalen a más del 50% de las emisiones totales de cada entidad (ver tabla 1). Ante este panorama, los vehículos con tecnologías eléctricas representan una buena alternativa, ya que incrementan la eficiencia en el uso de la energía que es utilizada para el transporte. Además, en la medida que la energía se produzca a partir de fuentes renovables, se contribuye a la mitigación de GyCEI y permite que la electricidad se genere en centrales que operan bajo condiciones de menor emisión de carbono.

La adopción de vehículos eléctricos en todos los segmentos de flota, tanto pública como privada, para pasajeros y para carga, debe incluir autobuses y taxis para transporte público, autobuses y camionetas para entregas de última milla y la sustitución de motocicletas de combustión interna por motocicletas eléctricas o bicicletas con asistencia como complemento a los sistemas de bicicletas públicas con bicicletas mecánicas, de esta forma será posible garantizar que la movilidad sea menos contaminante y más eficiente. Además, si se lleva a cabo bajo un modelo de movilidad sostenible (A-S-I), también se vuelve más accesible para todas las personas y permite mejorar la calidad de vida.

Los vehículos eléctricos, por sus características tecnológicas y económicas, tienen beneficios sociales y ambientales que deben ser considerados en la elaboración y aplicación de políticas públicas adaptadas a los contextos particulares de cada entidad y que consideren a todas las personas.



1.5) La movilidad sostenible para todas las personas

La incorporación de estrategias de sostenibilidad y la adopción de vehículos eléctricos es un tema complejo que requiere cambios de comportamiento para el uso y apropiación de nuevas tecnologías. En este sentido, es necesario incluir en la planeación, la implementación, el monitoreo y la evaluación de este tipo de proyectos para todas las personas que están involucradas en el proceso con una perspectiva de género e inclusión social. Al incorporar esta perspectiva se busca garantizar el derecho a la movilidad y mayor equidad en el acceso a oportunidades de las personas usuarias y trabajadoras relacionadas con los sistemas de transporte público.

En ese sentido, se requieren planes de acción de Inclusión de Género e Inclusión Social (IGIS). Esto permitirá que se amplíe la participación de personas diversas en los procesos relacionados con el transporte eléctrico y la movilidad sostenible, y que a su vez se generen beneficios y oportunidades más amplias. La sostenibilidad ambiental y social son elementos interdependientes que pueden potenciarse mutuamente y la movilidad eléctrica presenta una gran oportunidad para realizar transformaciones. Para lograr una incorporación coherente e integral de la perspectiva IGIS en las políticas y proyectos, es importante comenzar, por una parte, por realizar un trabajo interno con el equipo del proyecto, y por otra, construir un Plan de Acción de Género e Inclusión Social.

La movilidad es de vital importancia para el funcionamiento de nuestras sociedades, ya que es el medio principal para el suministro de bienes y para la movilidad de las personas que desarrollan actividades productivas y de cuidados. Por ello, cobra relevancia desarrollar e implementar acciones para la movilidad sostenible que garanticen una mejor calidad de vida para los habitantes de la Megalópolis.

2) Diagnóstico de sistemas de transporte y movilidad en las metrópolis de la Megalópolis



Paradero Sistema de Metrobús. Foto: Secretaría de Movilidad de la Ciudad de México

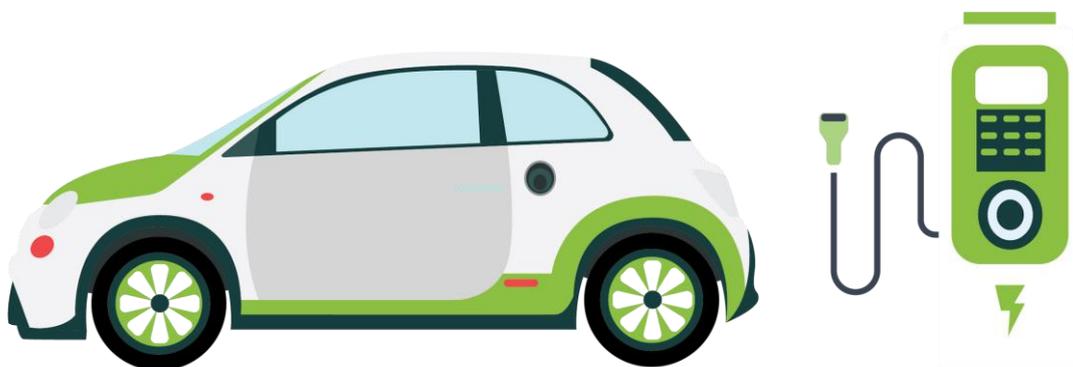
Para lograr una correcta aplicación de políticas públicas que fomenten el transporte eléctrico, es necesaria la evaluación de los sistemas de transporte actuales. Con ello será posible identificar los sistemas susceptibles a electrificar y se podrán explorar otras opciones de movilidad sostenible que se puedan integrar en los planes y visiones de las metrópolis de la región al 2030. A continuación se presenta el diagnóstico de la movilidad y los sistemas de transporte existentes en las siete entidades de la Megalópolis. Dicho diagnóstico se clasifica principalmente en transporte de pasajeros y transporte de carga.

2.1) Transporte de pasajeros

a) Diagnóstico del transporte particular en la Megalópolis

El transporte particular representa el volumen más grande de vehículos en circulación para la movilidad de pasajeros. La venta de vehículos ligeros (VL) en México, durante 2012, fue equivalente a 1.1 millones de unidades, lo que posicionó al país en el lugar número 12 a nivel mundial de venta de VL. Según el Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Ligeros (RAIAVL), el pico de ventas de los VL fue durante 2016, cuando se alcanzó un total de 1.6 millones de unidades vendidas en ese año.

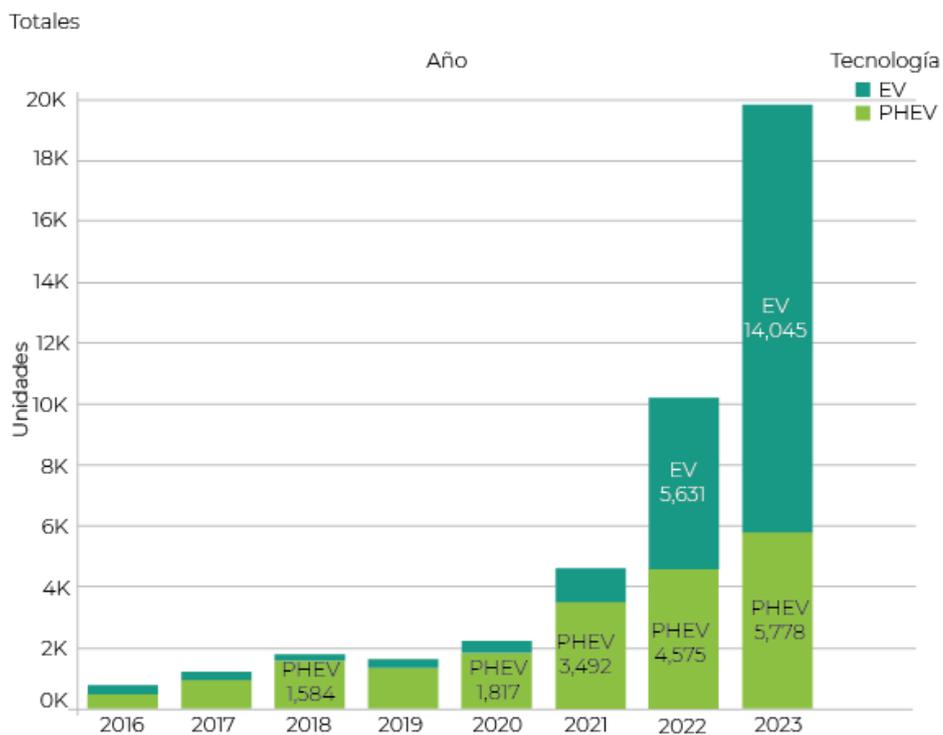
La adopción de vehículos eléctricos en este rubro es relevante para la disminución de emisiones atmosféricas. La venta de vehículos con baterías: híbridos conectables (VHC) y eléctricos puros (VEB), en 2016 representó casi el uno por ciento de las ventas totales (10,206 unidades vendidas). La cantidad de VEB vendidos en 2016 fue de 521 unidades, en contraste con el año 2022 que se vendieron 5,631 unidades (INEGI, 2016-2022).



A pesar de que la proporción de ventas de vehículos con baterías en 2023 alcanzó aproximadamente el 1.5%, los registros de los últimos tres años indican que la adopción de estas tecnologías se encuentra en una etapa de crecimiento (ver figura 4). Según las proyecciones estimadas, si esta tasa se mantiene por los próximos años, y se aplican las políticas, incentivos y regulaciones adecuadas, se podrá alcanzar las metas propuestas por el Gobierno de México durante la COP 27 (SRE, 2022).

Respecto a la Megalópolis, el registro de ventas de VEB y VHC ha ido en aumento en las 7 entidades (ver figuras 5.a y 5.b). En conjunto, la tasa de crecimiento de las ventas de vehículos con estas tecnologías se estima que podría alcanzar el 95.1% para VEB, y el 84.9% para las unidades VHC para el 2030.

Figura 3: Ventas de vehículos con batería en México



Fuente: Elaborado por el ICCT a partir de datos del INEGI (INEGI, 2016-2022)

Nota: La base de datos no contabiliza cifras de ventas de marcas no asociadas a la AMIA, como Tesla y BYD.



Figura 4.a: Crecimiento en venta de vehículos híbridos conectables (VHC) en la Megalópolis de 2016-2022

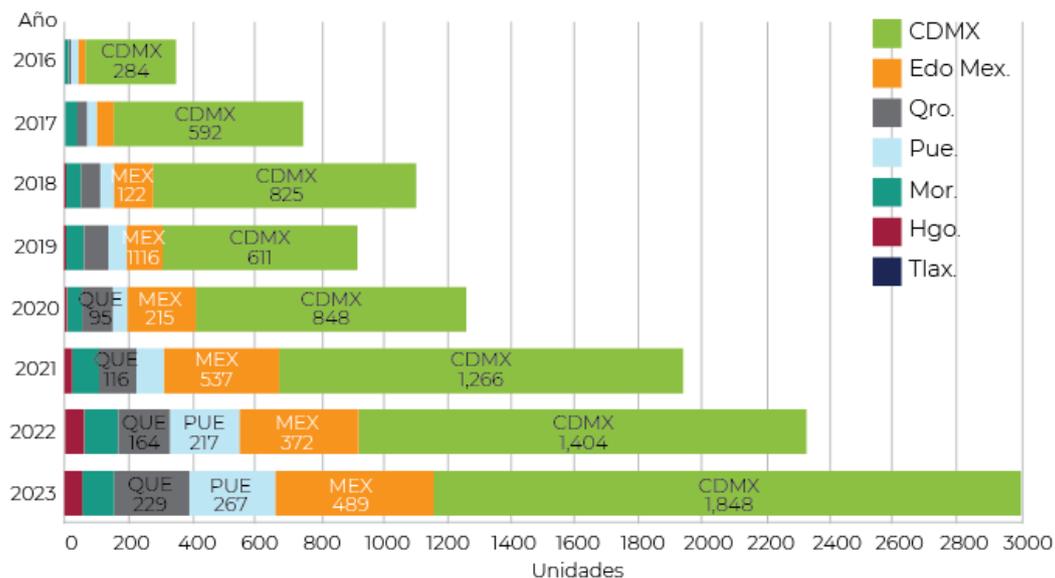
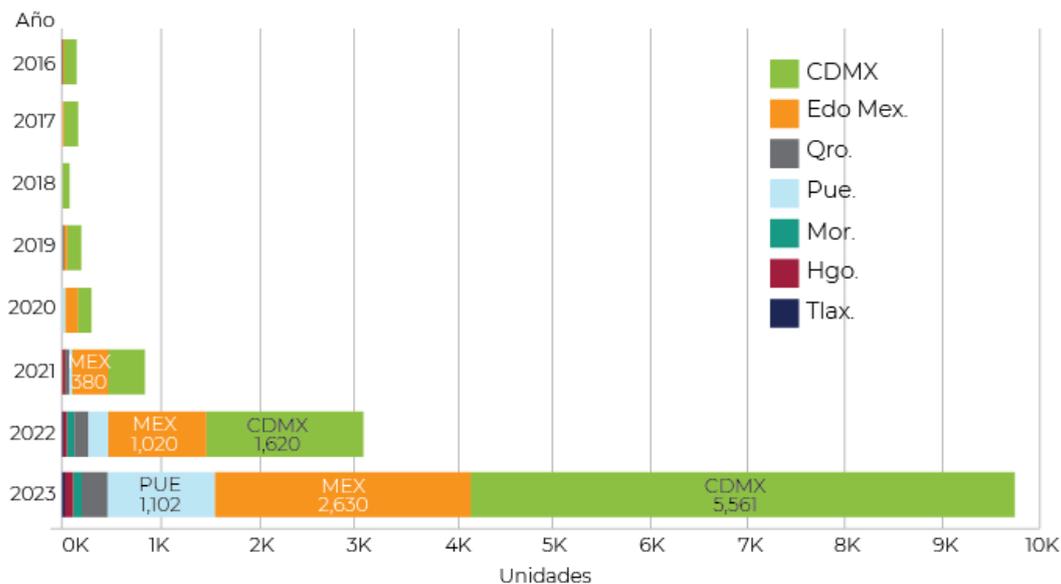


Figura 4.b: Crecimiento en venta de vehículos eléctricos a batería (VEB) en la Megalópolis de 2016-2022



Fuente: INEGI, 2016-2022

Actualmente el aumento en la venta de vehículos de bajas o cero emisiones es más evidente en la Ciudad de México y en el Estado de México, esto puede deberse a las regulaciones ambientales como los Programas de Hoy No Circula que dan beneficios de movilidad a vehículos con estas tecnologías y que no se registren su circulación durante la activación de Contingencias Ambientales Atmosféricas en estas entidades.

Por su parte, el estado de Querétaro, en donde también se observa crecimiento en la venta de VEB y VHC, en 2023 se sumó a La Declaración de Vehículos Cero Emisiones, durante la COP 26. Esta iniciativa fue promovida por un grupo líder conformado por más de 100 países, empresas y organizaciones comprometidas a impulsar la transición del sector transporte a tecnologías eléctricas. Como signatario en el apartado de Ciudades, Estados y Gobiernos Regionales, la entidad se compromete a renovar su flota de automóviles y camionetas, particulares o alquiladas por vehículos de cero emisiones para 2035. Además, debe promover políticas que faciliten, aceleren o incentiven la transición. (Accelerating to Zero Coalition, 2023).



Foto: Unsplash

b) Diagnóstico de transporte público en la Megalópolis

El modelo de movilidad basado en vehículos privados ha generado diversas externalidades negativas económicas y sociales, como los daños a la salud de las personas, las enfermedades derivadas de la mala calidad del aire, los siniestros y lesiones de tránsito, el estrés derivado del congestionamiento y el incremento en los tiempos de viaje e inseguridad pública (SEDATU, 2023). Asimismo, el transporte público es el modo que mueve a un mayor número de personas en las entidades de la Megalópolis (SEDATU, 2016), por lo que es necesario generar políticas públicas encaminadas a mejorar la calidad del servicio, así como a reducir la contaminación que proviene de los diferentes sistemas de transporte público.

A continuación, se presenta el diagnóstico de los sistemas de transporte público de pasajeros para las siete entidades de la Megalópolis, el cual contempla los sistemas integrados de transporte, así como la movilidad eléctrica y activa. Es destacable mencionar que los datos reportados, en su mayoría fueron otorgados por las secretarías de transporte y movilidad de las entidades entre los meses de julio y agosto del 2023 y para algunos casos se actualizó la información o se complementó con datos públicos.

CIUDAD DE MÉXICO

Inventario de vehículos para el transporte de pasajeros

Sistema	Tipo de tecnología	Número de unidades	Pasajeros por día	Número de líneas	Extensión en km de líneas
Metro	Vía eléctrica	378 unidades disponibles	3,407,504	12	226
Tren ligero	Vía eléctrica	12 unidades disponibles	81,260	1	13
Sistema integrado de autobuses con carriles y estaciones dedicadas (BRT) (Metrobús)	Combustión interna Euro VI ¹	55	1,614,228 en toda la red en día hábil	7	170.7
	Combustión interna EPA 16	90			
	Combustión interna Euro V	227			
	Combustión interna Euro V o inferior	476			
	Eléctrica de baterías	80 autobuses 60 línea 3 20 línea 4	183,287 en línea 3, en día hábil	2	45
Teleférico (Cablebús)	Cable eléctrica	682 cabinas 377 línea 1 305 línea 2	54,104 línea 1 en día hábil 70,506 línea 2 en día hábil	2	19.75 totales 9.2 línea 1 10.55 línea 2
Autobuses de transporte público de pasajeros (de 10 metros o más de longitud)	Combustión interna Euro VI	370 RTP	437,773	94 rutas	3,233
	Combustión interna Euro V o inferior	1,149 RTP		10	204
	Eléctrica de baterías	442 Trolebús	268,595		
Taxis	Combustión interna	87,533	no reportado	No aplica	No aplica
	Híbrido	574	no reportado		
	Híbrida conectables o eléctrica	15	no reportado		

Actualización de información: Grupo CISA, 2024

¹ Se refiere a las Norma Euro para el control de emisiones atmosféricas, se describe a detalle en el glosario

Asimismo, la entidad reportó que tiene en circulación 2,065 unidades de autobuses concesionados, todos ellos de combustión interna.



Metro. Foto: Secretaría de Movilidad de la Ciudad de México



Tren ligero de la Ciudad de México. Foto: Gobierno de la Ciudad de México



Cablébus.. Foto: Secretaría de Movilidad de la Ciudad de México



Ilustración Transporte público. Foto: RTP Ciudad de México



Ilustración Trolebús. Foto: STE Ciudad de México



Metrobús. Foto: Metrobús

Proyectos de movilidad eléctrica previstos

Entre los proyectos previstos para la Ciudad de México se enlistan la línea 3 del Cablebús, que correrá sobre Chapultepec y tiene una inversión prevista de \$2,600 millones de pesos. Se espera que 36 mil pasajeros al día hagan uso de esta línea de teleférico, a lo largo de 5.42 km (Gobierno de la Ciudad de México, 2022).

Asimismo, el 20 de febrero de 2023, la Línea 3 del Metrobús inició de manera formal las operaciones de su flota de 60 autobuses eléctricos articulados y el 21 de diciembre del mismo año se llevó a cabo la incorporación de 20 autobuses eléctricos de 15m en la Línea 4. Se espera que en los próximos meses se pongan en marcha 35 autobuses más para esta última línea. Estos proyectos han abierto camino para la sustitución y electrificación de la flota del sistema BRT de la Ciudad y se espera que, en el mediano plazo, el 100% de la flota de Metrobús sea eléctrica (SEMOVI, 2022).

ESTADO DE MÉXICO

Inventario de vehículos para el transporte de pasajeros

Sistema	Tipo de tecnología	Número de unidades	Pasajeros por día	Número de líneas	Extensión en km de líneas
Sistema integrado de autobuses con carriles y estaciones dedicadas (BRT) (Mexibus)	Combustión interna Euro VI	1	481,000	4	107.3
	Combustión interna Euro V o inferior	283			
Teleférico (Mexicable)	Cable eléctrica	468	49,00	2	13.05
Tren Suburbano	Vía eléctrica	20	350,000	1	27

Información adicional: (FONADIN, 2023)



Mexicable. Foto: Secretaría de Movilidad del Estado de México



Mexibus. Foto: GIZ

Proyectos de movilidad eléctrica previstos

Durante el tercer semestre del 2021 se inició la construcción de la extensión del tren suburbano, que contempla la adición de 15 km de vía que tendrá terminal en el interior del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA).

Además, se contempla la construcción de seis estaciones intermedias en el tramo Buenavista-Cuautitlán (FONADIN, 2023).

El tren Interurbano México-Toluca, es una infraestructura para la movilidad entre la zona metropolitana del Valle de Toluca y la zona metropolitana del Valle de México. Tendrá una longitud total de 57.87 km y contará con un total de siete estaciones. Se espera que con un total de 30 trenes movilice a 234,000 personas al día (SICT, 2022).

El 15 de septiembre de 2023, se inauguró una primera parte que recorre el Valle de Toluca en cuatro de las siete estaciones.

HIDALGO

Inventario de vehículos para el transporte de pasajeros

Sistema	Tipo de tecnología	Número de unidades	Pasajeros por día	Número de líneas	Extensión en km de líneas
Sistema integrado de autobuses con carriles y estaciones dedicadas (BRT) (Tuzobus)	Combustión interna Euro VI	47	57,689	1	11.478
	Combustión interna Euro V o inferior	91	20,724	1	12.980
Taxis	Combustión interna	4,756	no reportado	No aplica	No aplica



Foto: GIZ

Proyectos de movilidad eléctrica previstos

En la ciudad de Pachuca de Soto, se contempla, un sistema de transporte público integrado, eficiente y sostenible, que ofrezca a la población un servicio de calidad con bajo impacto ambiental, en apego a la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial (LGMySV) y la inclusión de vehículos eléctricos en la Ley de Movilidad y Transporte del Estado de Hidalgo, Corredor Cero emisiones con autobuses eléctricos, el cual se encuentra en el proceso de evaluación técnica y estudios (Información proporcionada por la entidad).

MORELOS

Inventario de vehículos para el transporte de pasajeros

Sistema	Tipo de tecnología	Número de unidades
Autobuses de transporte público de pasajeros	Combustión interna	Autobús 527, microbús 738, minibús 216, ómnibus 182, panel 3,201, vagoneta 9, vanette 7 Total 15,710
	Híbridos	85
Taxis	Combustión interna	15,706
	Híbrido	3
	Eléctrico	1

La entidad reportó que el transporte público de pasajeros es de itinerario fijo.

PUEBLA

Inventario de vehículos para el transporte de pasajeros

Sistema	Tipo de tecnología	Número de unidades	Pasajeros por día	Número de líneas	Extensión en km de líneas
Sistema integrado de autobuses con carriles y estaciones dedicadas (BRT) (RUTA)	Combustión interna	130 troncal 200 alimentadores	no registrado	3	47.7

Información adicional: CCP, n.d.



Foto: GIZ

Proyectos previstos

En los municipios de Puebla y Cholula se desarrolló un programa piloto interuniversitario donde se puso en marcha la operación de un minibús 100% eléctrico. La operación del proyecto piloto Movilidad Eléctrica y Digital Universitaria en Puebla “MoveUp” estuvo activa entre el 18 de abril y el 18 de junio del 2022 y brindó servicio de transporte con perspectiva de género, por medio de una aplicación digital (app). En este programa participaron las empresas AllRide y Vemo-ADO, la Agencia de Energía del estado de Puebla y tres instituciones privadas de educación superior en colaboración con el Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP) y se espera pueda ser un ejercicio replicable que aporte a la movilidad urbana de la entidad (Herrero et al., 2022).

El Gobierno del Estado de Puebla (2023) reportó que entre los resultados obtenidos destacan la reducción de costos de administración y del impacto ambiental, la visualización de los niveles de satisfacción del servicio y las mejoras en la seguridad de la comunidad estudiantil. Asimismo, mencionaron que el minibús eléctrico realizó 204 viajes, beneficiando a 99 personas usuarias y redujo un 37% las emisiones de CO₂e comparado con otros vehículos de transporte universitario con tecnologías de combustión interna.



QUERÉTARO

Vehículos para el transporte de pasajeros

Sistema	Tipo de tecnología	Número de unidades	Pasajeros por día	Número de líneas	Extensión en km de líneas
Sistema integrado de autobuses con carriles y estaciones dedicadas (BRT) (Qrobus)	Combustión interna Euro V o inferior	72	39,000	7	292.66
Autobuses de transporte público de pasajeros (de 10 metros o más de longitud)	Combustión interna Euro V o inferior	583	266,000	68 rutas	2,173.06
Taxis	Combustión interna	7,330	no se reportó	No aplica	No aplica
	Híbrido	256	no se reportó		
	Eléctrico	1	no se reportó		



Foto: GIZ

TLAXCALA

Vehículos para el transporte de pasajeros

Sistema	Tipo de tecnología	Número de unidades
Autobuses de transporte público de pasajeros (de 10 metros o más de longitud)	Combustión interna Euro V o inferior	3,889
Taxis	Combustión interna	1,064

El 14 de diciembre del 2023 la entidad anunció que, durante la 30° sesión ordinaria, las personas diputadas que conforman la LXIV Legislatura, aprobaron el dictamen por el que se adiciona el capítulo quinto ter “Del Sistema de Transporte Público de pasajeros Mediante Alternativas Tecnológicas de Movilidad Sustentable”, este decreto reforma varios artículos de la Ley de Comunicaciones y Transportes del Estado de Tlaxcala. Según el comunicado, dichas reformas “favorecen el desarrollo y consolidación de proyectos que implementen la innovación tecnológica, la movilidad sustentable y sobre todo propicie la creación de infraestructura carretera que sirva como detonante de una mejor calidad de vida de las y los tlaxcaltecas” (Congreso de Tlaxcala, 2023).





Movilidad activa en la ciudades. Fotos: GIZ

c) Infraestructura para la movilidad no motorizada

La movilidad no motorizada, incluye a las personas que caminan o usan la bicicleta para transportarse. Este tipo de movilidad resulta conveniente para realizar traslados cortos o de proximidad y en el caso de las bicicletas podrían contribuir a resolver el problema de conectividad con el transporte público y reducir el uso de vehículos de motor de combustión interna. Estas formas de movilidad son indispensables para reducir la contaminación de las ciudades y deben ser integradas en los sistemas de transporte.

Para seguir fomentando la bicicleta como una alternativa de movilidad no motorizada, se requiere de infraestructura que garantice el acceso a las bicicletas y espacios seguros para el tránsito con las mismas. Sin embargo, en la mayoría de los casos, las personas usuarias no cuentan con infraestructura y consideraciones dentro de reglamentos de tránsito de las entidades que les permita realizar sus traslados de forma eficiente y bajo un marco normativo claro que evite conflictos con otras personas usuarias de la vía pública como vehículos automotores y peatones, por lo que aún es un área de oportunidad que debe ser atendida.

A continuación, se presenta un conteo de la infraestructura para la movilidad en bicicleta con las que cuentan las entidades de la Megalópolis. Es destacable mencionar que los datos reportados, en su mayoría fueron otorgados por las secretarías de transporte y movilidad de las entidades entre los meses de julio y agosto del 2023 y para algunos casos se actualizó la información o se complementa con datos públicos.

CIUDAD DE MÉXICO

Inventario de infraestructura para la movilidad en bicicleta

Componente	Número
Kilómetros de vía (longitud de ciclovías confinadas o señalizadas)*	524 km
Número de estaciones de bicicletas compartidas	660
Número de bicicletas compartidas	9,300
Número de pasajeros por día de bicicletas compartidas	33,000
Biciestacionamientos públicos	10

Actualización de información: Ecobici, n.d.

Información adicional: SEMOVI, n.d.

*Se incluyen los 7.7 km de ciclovía Metropolitana, la cual une a la alcaldía de Azcapotzalco con el municipio de Naucalpan en el Estado de México.

ESTADO DE MÉXICO

Inventario de infraestructura para la movilidad en bicicleta

Componente	Número
Kilómetros de vía (longitud de ciclovías confinadas o señalizadas)*	111 km

*Se incluyen los 4.2 km de ciclovía Metropolitana, la cual une al municipio de Naucalpan con la alcaldía de Azcapotzalco en la Ciudad de México.

HIDALGO

Inventario de infraestructura para la movilidad en bicicleta

Componente	Número
Kilómetro de vía (longitud de ciclovías confinadas o señalizadas)	39.01 km

QUERÉTARO

Inventario de infraestructura para la movilidad en bicicleta

Componente	Número
Kilómetro de vía (longitud de ciclovías confinadas o señalizadas)	321.38 km
Número de estaciones de bicicletas compartidas	36
Número de bicicletas compartidas	3,509
Número de viajes por día	1,000





Transporte de carga en carretera. Foto: GIZ

2.2) Transporte de carga

En la Megalópolis, el transporte de carga (tanto de larga distancia, como de última milla) es fundamental para el abastecimiento de alimentos, productos de primera necesidad, entre otras mercancías. Este segmento de flota aporta aproximadamente el 90% de las emisiones de PM_{10} , el 63% de las emisiones de $PM_{2.5}$ y el 75% de los COV de las emisiones totales del sector transporte (Teejeda Le Blanc & Cía., S.C. & LT Consulting, 2023). Particularmente, en las metrópolis, las principales fuentes de este sector provienen del reparto de última milla el cual ha crecido derivado de la pandemia por COVID-19, como resultado de la eficiencia para la adquisición de mercancías a través del comercio electrónico, lo que a su vez ha incrementado el reparto de última milla.

En este sentido, es imprescindible buscar alternativas que permitan reducir las emisiones locales de los viajes derivados del reparto de mercancías, ya que son una de las principales fuentes de contaminación. Fomentar el reemplazo de vehículos de combustión interna por vehículos eléctricos para este segmento de flota es una alternativa viable, principalmente en los repartos de última milla que pueden tener un fácil acceso a centros de recarga.



Foto: DHL

a) Identificación de empresas que han implementado vehículos a baterías en sus procesos de reparto

Actualmente, el reemplazo de flotas de combustión interna por flotas eléctricas para el reparto de última milla lo están llevando a cabo empresas de logística y de alimentos. Algunas de las identificadas se enlistan a continuación:

- **99 minutos**

Su flota está conformada por alrededor de 40 vehículos eléctricos que realizan entregas en la Ciudad de México y el Estado de México. Esta estrategia de electrificación se está realizando con empresas aliadas especializadas en la fabricación de vehículos eléctricos, la instalación de infraestructura de recarga y de gestión de flota² (Díaz, 2023; Hernández, 2023).

- **DHL Express**

En 2023, la empresa de reparto incorporó 100 unidades eléctricas³ para la distribución de paquetería. La empresa previamente contaba con 70

²JAC México, Evergo y Element Fleet Management respectivamente.

³Ford E-Transit.

unidades⁴ con tecnología cero emisiones. Sus metas contemplan llegar a 200 unidades eléctricas, que incluyen la adopción de unidades de refrigeración y camiones que tengan capacidad de dos a cuatro toneladas. En cuanto a las estaciones de recarga, la empresa ha instalado un total de cinco en puntos estratégicos para la logística de reparto (Portal Automotriz, 2023).

- **Mercado Libre**

La empresa realizó su última adquisición en 2022, la cual consiste en 150 vans eléctricas⁵. Anteriormente, contaban con 15 unidades que fueron parte de un proyecto piloto destinado a iniciar la electrificación de la flota. Se calcula que cada vehículo disminuirá aproximadamente un 54% de las emisiones de CO₂e. La flota eléctrica de Mercado Libre circula en 9 ciudades del país, entre ellas Ciudad de México, Toluca, Cuernavaca y Puebla, y se espera extender la cantidad de unidades y locaciones (Ortega, 2022).

- **Grupo Modelo**

En diciembre de 2021, Grupo Modelo fue la primera empresa en optar por flota eléctrica de carga pesada en el país. Los vehículos son de 21 toneladas⁶, con las que se redujo diez toneladas de CO₂e. La meta de la empresa es adquirir 500 unidades en los dos próximos años con la finalidad de contar con al menos 15% de flota eléctrica para 2025 (Hernández, 2021). Para el 2023, la empresa ha incorporado más unidades de carga pesada a sus operaciones, así como vehículos de diez toneladas⁷ que sirven para los repartos de última milla y la puesta en marcha de la primera estación de carga en la Ciudad de México (Hernández, 2023)

- **Grupo Bimbo**

El grupo empresarial que opera las marcas Bimbo y Barcel informó, en septiembre de 2022, la integración de 1001 unidades eléctricas para las tareas de reparto⁸, estas unidades poseen una autonomía de 130 km y tienen capacidad de carga de 1.3 toneladas. Con esta adquisición, Grupo Bimbo opera con un total de 2,300 vehículos eléctricos lo que la convierte en la empresa con mayor número de unidades en América Latina (Grupo Bimbo, 2022).

⁴ 50 Master E-TECH y 20 Kangoo Z.E de Renault

⁵ Kangoo Z.E. de Renault.

⁶ BYD

⁷ MegaFlux

⁸ Vekstar Stellar

- **Grupo Lala**

A finales de 2022, la empresa adquirió 30 unidades refrigeradoras con tecnología eléctrica⁹, siendo ésta la primera flota en México de este tipo. Además, Grupo Lala cuenta con más de 700 unidades híbridas que están operando en diversas ciudades como Ciudad de México y Querétaro. Los VE ofrecen una autonomía de hasta 210 km con capacidad de carga de tres toneladas (ANTAD, 2022).

- **Coca-Cola FEMSA**

En 2022 la empresa contaba con 421 unidades eléctricas en su flota. Se espera que para el 2030 al menos 45% de sus vehículos sean eléctricos. Asimismo, planean expandir las iniciativas de movilidad sostenible al resto del país (Hernández, 2022).

De igual manera, los esfuerzos para la electrificación no son solo para la última milla. Actualmente hay empresas de logística para reparto de larga distancia que comenzaron el reemplazo de unidades de combustión interna por unidades eléctricas. Se describe a continuación:

- **Transportes Marva**

La empresa adquirió 120 tractocamiones eléctricos con aliadas especializadas en la fabricación de vehículos eléctricos, la instalación de infraestructura de recarga y de gestión de flota¹⁰. Con estas unidades, Transportes Marva se convirtió en la empresa transportista con la flota de vehículos de carga eléctricos más grande fuera de China. Estas unidades¹¹ tienen una autonomía de 240 kilómetros y pueden transportar hasta 28.5 toneladas. La empresa contempla rutas en varios estados de la República entre ellos Morelos, Puebla y la Ciudad de México (Hernández, 2022ⁱⁱ).

⁹ T45C de BYD

¹⁰ BYD, Enel X, Element Fleet Management respectivamente

¹¹ Modelo Q3MA de BYD



b) Identificación de empresas que han implementado movilidad no motorizada en sus procesos de reparto

Dentro de las estrategias para reducir las emisiones atmosféricas derivadas del sector transporte, las empresas han contemplado a la bicicleta como un vehículo para el reparto de mercancías. Las bicicletas de carga son apropiadas para distribuir mercancías en barrios conectados con los centros de distribución o bien establecimientos pequeños con los usuarios finales de ciertos productos. A continuación, se enlistan las empresas identificadas que han implementado la movilidad no motorizada en sus procesos de reparto:

- **Estafeta**

Desde junio de 2018 Estafeta opera su programa Envíos Verdes, que se trata de 11 rutas en Ciudad de México y una en Puebla que dan servicio de entregas en bicicleta. Con ello cubren rutas cortas y de alta demanda que se realizaban en camionetas, evitando el impacto ambiental y construyendo a la mejora de la movilidad urbana. Esta estrategia además les permite ofrecer entregas más rápidas. Los Envíos Verdes se realizan en bicicletas eléctricas especializadas para carga, con autonomía de 80 km, y capacidades de 180 kg (Estafeta, 2018).

- **DHL Express**

Desde 2020 DHL Express México comenzó a utilizar bicicletas para la distribución de paquetes en colonias que presentan problemas de congestión vial y difícil acceso a la movilidad. Cabe mencionar que este programa de la empresa también se apoya de mensajeros a pie. Con estas acciones se espera reducir las emisiones ante el “boom” del comercio electrónico que surgió como resultado de la pandemia por COVID-19 (Alianza Flotillera, 2021).

2.3) Identificación de la infraestructura para la recarga de vehículos

La infraestructura de recarga para vehículos con baterías es indispensable para lograr la incorporación de tecnologías de bajas o cero emisiones en el transporte. En el caso de VL, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) facilita el trámite para la instalación de un segundo medidor en las viviendas de los propietarios. Sin embargo, es necesario instalar cargadores públicos y electrolineras que no pongan en riesgo la autonomía de los vehículos a baterías. Actualmente los datos de las electrolineras son publicados por las compañías con respecto a su propio despliegue o los que agrupan las plataformas digitales que muestran la localización geoespacial de las estaciones.

Asimismo, la CFE publica un mapa con la geolocalización de las electrolineras que se han instalado y un directorio que incluye otras instalaciones que se encuentran disponibles a partir de la consulta de las plataformas para recarga de vehículos (CFE, s.f.). El directorio¹² se encuentra actualizado a enero 2021 y contempla 1,193 instalaciones con 2,089 estaciones de carga a nivel nacional: 53% corresponde a puntos de recarga intermedios de Tesla; 37% son cargadores de la tecnología SAE J17724; 7% son Supercargadores Tesla; 1% son CHAdeMo; y 2% Tecnología CCS1 y CCS2.

En la Megalópolis, el Gobierno de Puebla, a través de la Agencia de Energía del Estado, ha desarrollado el Plan para el Despliegue de Cargadores de Vehículos Eléctricos, el cual tiene por objetivo determinar el número, las rutas y las ubicaciones estratégicas para la instalación de cargadores para vehículos eléctricos, con el fin de impulsar la movilidad eléctrica en Puebla. En la primera etapa del despliegue, se pretende la instalación de 43 cargadores en sitios estratégicos y que representan una derrama económica para la entidad (Agencia de Energía del Estado de Puebla, n.d.).

¹² El directorio se puede consultar en:
<https://www.google.com/maps/d/u/0/viewer?mid=1FuDX7JJl7aSIHMoQ0ELVdGplDKmcbSI&ll=22.525628032758483%2C-100.986161&z=6>



Foto: Trolebús de la Ciudad de México

2.4) Avances del transporte público eléctrico en la Zona Metropolitana del Valle de México

La transición a una movilidad sostenible con transporte público eléctrico es posible y en México está sucediendo. Un ejemplo ocurre en la ZMVM, donde por muchos años se han ofertado sistemas de transporte que se mueven con tecnologías eléctricas.

En 2017, la oferta contemplaba cinco modos diferentes de transporte público que no dependían de un motor de combustión interna: Metro, Tren Suburbano, Tren Ligero, Trolebús y Mexicable. De acuerdo con los datos presentados en la Encuesta de Origen-Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México (EOD) de 2017 (ver tabla 6), el porcentaje de viajes en vehículos públicos eléctricos respecto del total de viajes fue del 17% y el 83% restante en vehículos de combustión interna. Asimismo, si sólo tomamos las estadísticas de viajes en transporte público, el porcentaje de viajes en transporte público eléctrico respecto del total de viajes en transporte público fue del 23% y el 77% restante en vehículos de combustión interna.

Tabla 6: Número y porcentaje de viajes por tipos y modos de transporte realizados en la Zona Metropolitana del Valle de México en 2017 en un día laboral

Tipo y modo de transporte	No. Viajes	%
Total	28,902,349	100
Transporte público	20,888,355	72
Colectivo	11,543,302	74
Taxi solicitado con Aplicación de Internet	156,429	1
Taxi de sitio, calle u otro	1,479,937	10
Metro	4,468,576	29
Autobús RTP o M1	408,507	3
Autobús	907,350	6
Trolebús	146,479	1
Metrobús o Mexibús	1,105,235	7
Tren ligero	112,992	0.7
Tren suburbano	187,958	1
Mexicable	7,401	0
Bicitaxi	90,023	0.6
Mototaxi	274,166	2
Transporte privado	7,293,994	21
Automóvil	6,603,982	91
Motocicleta	371,970	5
Transporte escolar	281,613	4
Transporte de personal	36,429	0.5
Bicicleta	720,000	2

Fuente: (INEGI, 2017)

Nota: Los datos de porcentaje están redondeados

La oferta de modos de transporte eléctrico en la ZMVM ha ido en aumento debido a que se han mejorado los sistemas previamente existentes, principalmente en la Ciudad de México, con la renovación de flota del tren ligero y el trolebús, además de la incorporación de líneas de sistemas como el teleférico (Mexicable y Cablebús), el sistema de trolebús elevado que se inauguró el 29 de octubre del 2022 y la renovación de flota de la Línea 3 del Metrobús que sustituyó 60 unidades articuladas (18 m) de combustión interna por unidades eléctricas y que empezó su funcionamiento en marzo del 2023. Considerando dichas adiciones, de abril del 2022 a marzo del 2023, 5,369,518 de personas se movieron en transporte público de la red de transporte masivo metropolitano, de las cuales 3,615,820 usaron algún medio de transporte eléctrico, lo que equivale al 68% (ver tablas 7.1 y 7.2).

Tabla 7.1: Modos de transporte público eléctrico por número de pasajeros realizados en la ZMVM de abril del 2022 a marzo del 2023 (promedio diario anual y porcentaje)

Medio de transporte	Número de personas	Porcentaje de personas
Número de personas que se trasladaron en transporte público en la ZMVM	5,254,416	100
Número de personas que se trasladaron en vehículos eléctricos	3,655,718	70
Metro	2,938,356	56
Trolebús	213,424	4
Metrobús o Mexibús	1,218,972	23
Tren ligero	69,315	1
Tren suburbano	118,630	2
Mexicable y cablebus	160,993	3
Metrobus L3	155,000	3

Fuente: INEGI, 2023; Metrobús, s.f., Mexicable, s.f.

Nota: El cálculo de pasajeros totales de abril de 2022 a marzo de 2023 y se divide entre 365 días. Los datos de porcentaje están redondeados

Tabla 7.2: Sistemas de transporte público estructurado por kilómetros recorridos en las entidades de la ZMVM

Sistema de transporte	km totales de recorrido	km recorridos en Ciudad de México	km recorridos en Estado de México
Metro (12 líneas)	226.5	213.4	13.1
Metrobús (7 líneas)	140.0	140	0
Mexibús (4 líneas)	79.7	4.7	75
Tren suburbano (una línea)	26.0	5.3	20.7
Tren ligero (una línea)	13.0	13.0	0
Trolebús (9 líneas)	203.6	203.6	0
Cablebús (2 líneas)	19.8	19.8	0
Mexicable (2 líneas)	14.2	1.8	12.4
Total en km	722.8	601.6	121.2

Nota: Cálculo estimado a partir de mediciones realizadas en Google Earth.



Cabinas de Cablebús. Foto: Secretaría de Movilidad de la Ciudad de México



3) Incentivos y legislación para la movilidad eléctrica en la Megalópolis



*Flota eléctrica de la línea 3
de Metrobús en Ciudad de
México. Foto: Metrobús*



Foto: Freeoik

México ha suscrito acuerdos internacionales que contemplan el fomento a las tecnologías eléctricas, entre ellos se encuentra la declaración *Impulsar el Cambio Juntos*, firmada durante la COP 24 en Katowice, Polonia y que busca la transición a un transporte sostenible y promover y desarrollar la movilidad eléctrica. Lo anterior, mediante la implementación de políticas, incentivos, colaboraciones internacionales y el desarrollo tecnológico. De igual manera, México suscribió el *Pacto de Glasgow*, firmado en la COP 26, donde se realizó el compromiso de promover el uso de vehículos eléctricos, con la meta aspiracional de que todos los automóviles nuevos que se vendan en el mundo a partir de 2040 sean de cero emisiones.

En ese sentido, es necesario revisar, reformular y crear nuevos incentivos que promuevan la movilidad eléctrica. A continuación se presentan los incentivos vigentes y propuestos para cada segmento de flota que se identificaron a nivel nacional y para cada entidad de la Megalópolis. Las definiciones para cada tipo de vehículo eléctrico se pueden consultar en el glosario anexo al final del presente documento.



3.1) Incentivos vigentes para el transporte eléctrico por segmento de flota

a) Autobuses de transporte público de orden federal

1. Se exenta el pago de impuestos de importación de vehículos eléctricos nuevos de más de 10 pasajeros.
 - Aplica para VEB, VHC y VHCv.
 - Está regulado por la Secretaría de Economía y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
 - El instrumento de política pública en el que se describe es el Decreto por el que se modifica la Tarifa de la Ley de los Impuestos Generales de Importación y de Exportación (2022). Fracciones arancelarias de vehículos eléctricos del Gobierno de México.
2. Deducción de 25% en ISR por inversión en activo fijo para automóviles, autobuses, camiones de carga, tractocamiones, montacargas y remolques. Vehículos eléctricos a batería, celda de hidrógeno o híbridos serán deducibles hasta por un monto de MXN\$250,000.00.
 - Aplica para VEB, VHC y VHCv.
 - Está regulado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público
 - El instrumento de política pública en el que se describe es la Ley del Impuesto Sobre la Renta (2022). Artículos 32; 34 fracción VI; 36. fracción II.

3. Deducción del 86% en la inversión de vehículos cuya propulsión sea a través de baterías eléctricas recargables, motor eléctrico y que además cuenten con motor de combustión eléctrica. Así como el 86% en la manufactura, ensamble y transformación de baterías para vehículos eléctricos.

- Aplica para VEB y VHC.
- Está regulado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
- El instrumento de política pública en el que se descubre es el Decreto por el cual se otorgan estímulos fiscales a sectores claves de la industria exportadora consistentes en la deducción inmediata de la inversión en bienes nuevos de activo fijo y deducción adicional de gastos de capacitación (2023).

b) Autobuses de transporte público de orden local

1. No se pagará el impuesto por tenencia o uso de los vehículos eléctricos utilizados para el transporte público de personas.

- Aplica para VEB, VHC, VHCv.
- Está regulado por el Gobierno de la Ciudad de México.
- El instrumento de política pública en el que se describe es el Decreto por el que se expide el Código Fiscal del Distrito Federal (2022). Art, 16. Fracción I.

2. No se causará el impuesto por la tenencia o uso de los vehículos eléctricos utilizados para el transporte público de personas.

- Aplica para VEB, VHC y VHCv
- Está regulado por el Gobierno del Estado de México.
- El instrumento de política pública en el que se describe es el Código Financiero del Estado de México y Municipios (2023). Artículo 60 D, decreto 11.

3. Los vehículos eléctricos, híbridos conectables (categoría I) e híbridos (categoría II) pueden tramitar la constancia tipo exento de conformidad con el Programa de Verificación Vehicular Obligatoria, así como del Programa Hoy No Circula.

- Aplica para VEB de firma permanente y para VHC por 8 años.
- Está regulado por la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA) y la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México respectivamente.

- Los instrumentos de política pública en los que se describe son el Programa de Verificación Vehicular Obligatoria de la Ciudad de México (s.f) y el Programa de Verificación Vehicular Obligatorio del Estado de México(vigente) respectivamente.

c) Vehículos ligeros (taxi y particulares) de orden federal

1. Se exenta el pago de tarifa arancelaria para la importación de vehículos eléctricos ligeros nuevos.

- Aplica para VEB, VHC y VHCv para servicio de taxi y particular.
- Está regulado por la Secretaría de Economía.
- El instrumento de política pública en el que se describe es el Decreto por el que se modifica la Tarifa de la Ley de los Impuestos Generales de Importación y de Exportación. Fracciones arancelarias de vehículos eléctricos (2023).

2. Dedución de 25% en ISR por inversión en activo fijo para automóviles, autobuses, camiones de carga, tractocamiones, montacargas y remolques. Vehículos eléctricos a batería, celda de hidrógeno o híbridos serán deducibles hasta por un monto de MXN\$250,000.00.

- Aplica para VEB y VHC para servicio de taxis y privado.
- Está regulado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
- El instrumento de política pública en el que se describe es la Ley del Impuesto Sobre la Renta (2021). Artículos 32, 34 fracción VI y 36 fracción II.

3. El Impuesto sobre Automóviles Nuevos (ISAN) queda exento para automóviles cuya propulsión sea a través de baterías eléctricas recargables, así como para automóviles eléctricos que además cuenten con motor de combustión interna.

- Aplica para VEB, VHC y VHCv para servicio de taxi y privado.
- Está regulado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
- El instrumento de política pública en el que se describe es la Ley del Impuesto Sobre Automóviles Nuevos (2021)

4. Deducibilidad de pagos de hasta MXN\$285.00 diarios, por la renta de automóviles eléctricos propulsados a batería, celdas de hidrógeno o híbridos.

- Aplica para VEB, VHC y VHCv para servicio particular.
- Está regulado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
- El instrumento de política pública en el que se describe es la Ley del Impuesto Sobre la Renta (2021). Artículo 28 fracción XIII.

d) Vehículos ligeros (taxis y particulares) de orden local

1. ECOTAG PASE (2023): Tarifa preferencial en el uso de la autopista urbana sur de la Ciudad de México.
 - Aplica para VEB, VHC y VHCv para servicio de taxis y privado.
 - Está regulado por PASE (empresa concesionada de mantenimiento y gestión de autopistas urbanas e interurbanas).
2. Los vehículos eléctricos, híbridos conectables e híbridos pueden tramitar la constancia tipo exento de conformidad con el Programa de Verificación Vehicular Obligatoria.
 - Aplica para VEB de manera permanente y para VHC y VHCv por 8 años para servicio de taxi y privado.
 - Está regulado por la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México.
 - El instrumento de política pública en el que se describe es el Programa de Verificación Vehicular Obligatoria de la Ciudad de México (2023).
3. Tratándose de automóviles eléctricos nuevos, así como de aquéllos que adicionalmente cuenten con motor de combustión el impuesto de tenencia se pagará a la tasa de 0%.
 - Aplica para VEB, VHC y VHCv para servicio privado.
 - Está regulado por el Gobierno de la Ciudad de México.
 - El instrumento de política pública en el que se describe es el Decreto por el que se Expide el Código Fiscal del Distrito Federal (2019). Artículo 161 BIS 1.
4. El impuesto de tenencia y uso de vehículo se pagará a la tasa de 0%, tratándose de vehículos eléctricos.
 - Aplica para VEB, VHC y VHCv para servicio privado.
 - Está regulado por el Gobierno del Estado de México.
 - El instrumento de política pública en el que se describe es el Decreto número 11: Código Financiero del Estado de México y Municipios (2023). Artículo 60.
5. Quedarán exceptuados del pago del impuesto de tenencia y uso de vehículo para el ejercicio 2023, los propietarios de vehículos de transporte privado clasificados como auto ecológicos: que se encuentren inscritos en el Registro Vehicular Estatal y se encuentren al corriente con el pago de dicho impuesto a diciembre del 2022.
 - Aplica para VEB, VHC y VHCv para servicio privado.

- Está regulado por la Secretaría de Finanzas del estado de Hidalgo.
- El instrumento de política pública en el que se describe es el Acuerdo por el que se emiten las Reglas de Carácter General en Materia Fiscal para el Ejercicio Fiscal 2023.

6. A los propietarios, tenedores o usuarios de vehículos automotores híbridos o que utilicen además de combustibles fósiles una fuente alterna de energía para su impulso, y que tengan la obligación de pagar el Impuesto Estatal Sobre Tenencia o Uso de Vehículos estarán exentos del pago del impuesto correspondiente, durante el ejercicio fiscal 2023.

- Aplica para VEB, VHC y VHCv para servicio privado.
- Está regulado por la Secretaría de Finanzas del estado de Tlaxcala.
- El instrumento de política pública en el que se describe es la Ley de Ingresos del Estado de Tlaxcala, para el Ejercicio Fiscal (2023).

e) Transporte de carga de orden federal

1. Se exenta el pago de impuestos de importación de vehículos eléctricos nuevos de transporte de mercancías.

- Aplica para VEB.
- Está regulado por la Secretaría de Economía.
- El instrumento de política pública en el que se describe es el Decreto por el que se modifica la Tarifa de la Ley de los Impuestos Generales de Importación y de Exportación (2023). Fracciones arancelarias de vehículos eléctricos.

2. Deducción del 86% en la inversión de vehículos cuya propulsión sea a través de baterías eléctricas recargables, motor eléctrico y que además cuenten con motor de combustión eléctrica.

- Aplica para VEB y VHC.
- Está regulado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
- El instrumento de política pública en el que se describe es el Decreto por el cual se otorgan estímulos fiscales a sectores claves de la industria exportadora consistentes en la deducción inmediata de la inversión en bienes nuevos de activo fijo y deducción adicional de gastos de capacitación (2023).

3. Deducción de 25% en ISR por inversión en activo fijo para automóviles, autobuses, camiones de carga, tractocamiones, montacargas y remolques. Vehículos eléctricos a batería, celda de hidrógeno o híbridos serán deducibles hasta por un monto de MXN\$250,000.00

- Aplica para VEB, VHC y VHCv.
- Está regulado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
- El instrumento de política pública en el que se describe es la Ley del Impuesto Sobre la Renta. Artículos 32, 34 fracción VI y 36 fracción II.

f) Transporte de carga de orden local

1. Tratándose de automóviles eléctricos nuevos, así como de aquéllos que adicionalmente cuenten con motor de combustión, el impuesto de tenencia se pagará a la tasa de 0%. Entendiendo como automóviles también los ómnibus, camiones y tractores no agrícolas tipo quinta rueda.

- Aplica para VEB, VHC y VHCv.
- Está regulado por el Gobierno de la Ciudad de México.
- El instrumento de política pública en el que se describe es el Decreto por el que se Expide el Código Fiscal de la Ciudad de México (2019). Artículo 161 BIS 1.

2. Quedan exentos de las restricciones de circulación por la activación de contingencias ambientales atmosféricas, los vehículos ligeros utilizados para el transporte de mercancías y/o de personas que circulan en la Ciudad de México, que forman parte una flota (20 vehículos como mínimo) con convenio de autorregulación, con el compromiso de integrar de forma anual un mínimo del 5% por unidades híbridas y/o eléctricas.

- Aplica para vehículos de hasta 3,857 kilogramos, VEB y VHCF
- Está regulado por la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México.
- El instrumento de política pública en el que se describe es el Aviso por el que se da a conocer el programa de Autorregulación Ambiental para Impulsar la Electromovilidad en Vehículos Ligeros en la Ciudad de México (2022).
- No especifica autos híbridos o eléctricos, pero menciona el uso de tecnología de punta en el control de emisión de partículas o su sustitución por unidades de distinta tecnología vehicular.
- Está regulado por la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad

3. Quedan exentos de las restricciones de circulación por la activación de contingencias ambientales atmosféricas, el programa hoy no circula y la verificación vehicular obligatoria, las unidades para el traslado de mercancías, matriculadas ante la Secretaría de Infraestructura Comunicaciones y Transporte (SICT) que cuenten o modifiquen sus motores y demuestren una reducción anual de 10% de emisiones de los vehículos

registrados ante el convenio celebrado entre el Estado de México y la empresa a cargo de dichas unidades.

- Aplica para VEB.
- Está regulado por la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México.
- El instrumento de política pública en el que se describe es el Acuerdo por el que se expide el Esquema de Autorregulación Ambiental de Vehículos de Carga a Diésel en el Estado de México.

Los incentivos para vehículos a baterías que actualmente se encuentran vigentes no distinguen entre las diferentes tecnologías que existen, a pesar de que los VEB no sólo son más costosos, sino que tienen más beneficios en cuanto a la reducción de emisiones locales, comparando con un VHCv o los VHCD. Asimismo, se considera necesario crear incentivos que favorezcan la micromovilidad con asistencia eléctrica tanto para el transporte de pasajeros como para transporte de carga. Es por ello que se insiste en rediseñar los incentivos listados y promover que los vehículos que reducen emisiones de manera eficiente sean más accesibles para los posibles usuarios.

3.2) Incentivos vigentes para la infraestructura de recarga

En cuanto a infraestructura de recarga se refiere, los incentivos detectados son los siguientes:

1. Se otorga un estímulo fiscal, equivalente al 30% del monto de las inversiones que en el ejercicio fiscal del que se trate, para equipos de alimentación para vehículos eléctricos, incluyendo lugares de carga privados, siempre que éstos se encuentren conectados y sujetos de manera fija en lugares públicos.
 - Está regulado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
 - El instrumento de política pública en el que se describe es la Ley del Impuesto sobre la Renta. Artículo 204.
2. Facilidad para acceder a la instalación de un segundo medidor que permita diferenciar el consumo doméstico de la carga del vehículo para

mantener el acceso a los subsidios del consumo eléctrico sin importar la carga del vehículo.

- Está regulado por la Comisión Federal de Electricidad
- El instrumento donde se describe es el Programa para el Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE).

La infraestructura de recarga es necesaria para que la movilidad eléctrica en la Megalópolis sea un hecho. Sin embargo, los incentivos existentes aún están limitados y priorizados para la recarga de transporte particular, por lo que es necesario la formulación de estrategias e incentivos que permitan el despliegue de cargadores eléctricos que consideren los diferentes segmentos de flota.

3.3) Incentivos propuestos para catalizar la movilidad eléctrica por segmento de flota

Los incentivos para la movilidad eléctrica son indispensables para facilitar el reemplazo de tecnologías, ya que con diversos instrumentos son un motivante para que los posibles usuarios se convenzan de los beneficios. En este apartado, se presenta una lista de incentivos propuestos. Cabe mencionar que se contemplan únicamente los VEB y VHCF, debido a que son las tecnologías que permitirán el desuso de motores de combustión interna y, por ende, la disminución de emisiones contaminantes atmosféricas.

Estos incentivos propuestos se basan en las mejores prácticas de otros países y podrían ser adoptados por los diferentes órdenes de gobierno en México. Algunas ideas para la formulación de estos incentivos fueron tomadas de los siguientes autores: Steer Davies Gleave, 2018 y Alianza Mx, 2022

a) Autobuses de transporte público

1. Tasa 0% del Impuesto al Valor Agregado (IVA) en la adquisición.
 - Aplicaría para VEB.
 - Se propone sea regulado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), la Secretaría de Economía (SE) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

2. Deducibilidad del Impuesto Sobre la Renta (ISR); depreciación acelerada para contribuyentes.
 - Aplicaría para VEB, VHCF
 - Se propone sea regulado por la SHCP
3. Reactivar el bono de chatarrización para la sustitución de vehículos.
 - Aplicaría para VEB, VHC
 - Se propone sea regulado por la SHCP, autoridades locales
4. Información clara y accesible sobre mecanismos de financiamiento.
 - Aplicaría para VEB, VHCF
 - Se propone sea regulado por la SE, la Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE), autoridades locales
5. Creación y consolidación de fondos metropolitanos para desarrollar proyectos de movilidad eléctrica.
 - Aplicaría para VEB
 - Se propone sea regulado por autoridades locales
6. Placa con identificación exclusiva para autos eléctricos.
 - Aplicaría para VEB
 - Se propone sea regulado por la Secretaría de Comunicaciones, Infraestructura y Transporte (SICT), autoridades locales

b) Vehículos ligeros (taxi y particulares)

7. Tasa cero al IVA en adquisición
 - Aplicaría para VEB
 - Se propone sea regulado por la SHCP, la SE y la SEMARNAT
8. Dedución del ISR de la depreciación acelerada para contribuyentes
 - Aplicaría para VEB, VHCF
 - Se propone sea regulado por la SHCP
9. Bono de chatarrización para la sustitución vehículos
 - Aplicaría para VEB, VHCF
 - Se propone sea regulado por la SHCP, autoridades locales
10. Incentivo gradual para el costo de carga rápida, arriba de 50 Kw/h
 - Aplicaría para VEB, VHCF

- Se propone sea regulado por la Secretaría de Energía (SENER), Comisión Federal de Electricidad (CFE),
11. Placa con identificación exclusiva para autos eléctricos.
 - Aplicaría para VEB
 - Se propone sea regulado por la SICT, autoridades locales

c) Transporte de carga

12. Reactivar el bono de chatarrización para la sustitución de vehículos.
 - Aplicaría para VEB, VHCF
 - Se propone sea regulado la SHCP, autoridades locales
13. Información clara y accesible sobre mecanismos de financiamiento
 - Aplicaría para VEB, VHCF
 - Se propone sea regulado la SE, la SRE, autoridades locales
14. Placa con identificación exclusiva para autos eléctricos.
 - Aplicaría para VEB
 - Se propone sea regulado por la SICT, autoridades locales

Cabe destacar que la elaboración de incentivos requiere de un diagnóstico de las tecnologías que incluya tipo, costos y clasificación, ya que se requiere implementar incentivos locales exclusivos para vehículos 100% eléctricos que sean superiores a los que ya existen para vehículos híbridos. Incentivar la venta de estas tecnologías desde las políticas públicas es una vía para reducir emisiones que afectan la salud pública y avanzar en los compromisos que se han firmado con otros países.





Conectores de autos eléctricos. Foto: GIZ / Soninha Vill

3.4) Incentivos propuestos para la infraestructura de recarga

Adicional a los incentivos requeridos para la adquisición de vehículos, se proponen incentivos para el despliegue de infraestructura de recarga:

1. Reducción de impuestos para los cargadores de flotas
 - Se propone sea regulado por la Secretaría de Energía (SENER), Comisión Federal de Electricidad (CFE)
2. Incentivar esquemas de venta de energía en baja y media tensión para particulares, fomentar la generación distribuida y la reventa a la red para bancos de baterías, pequeños productores de energía y particulares
 - Se propone sea regulado por la SE, la CFE
3. Crear una hoja de ruta para establecer un estándar común que permita una infraestructura de recarga unificada en toda la región de Norteamérica
 - Se propone sea regulado por la SRE, la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte (SICT), la CFE

4. Reducir el costo del espectro e implementar el primer corredor 5G en México
 - Se propone sea regulado por la SRE, la SICT, la SHCP
5. Mayor accesibilidad a la ubicación de estaciones de recarga para vehículos ligeros a través de aplicaciones como PlugShare.
 - Se propone sea regulado por la CFE, empresas de desarrollo tecnológico
6. La transformación total o parcial de paradas y bases de transporte público, así como de estaciones de combustible para la incorporación de cargadores.
 - Se propone sea regulado por la CFE, autoridades locales y empresas de venta de combustible
7. Asignación de prioridades en la instalación de nuevas o adecuaciones de electrolineras
 - Se propone sea regulado por la CFE

3.5) Incentivos propuestos para la movilidad no motorizada

Para contribuir con la reducción de emisiones locales en la Megalópolis y considerando que la movilidad no motorizada debe integrarse a los sistemas estructurados del transporte para la sostenibilidad urbana, se proponen los siguientes incentivos:

1. Crear infraestructura protegida, conectada exclusiva para microvehículos con velocidades y pesos semejantes. Esta infraestructura debe incluir arbolado, iluminación, superficies uniformes, además de vigilancia para evitar que otro tipo de vehículos invadan el espacio.
 - Se propone sea regulado por las autoridades locales de movilidad y de planeación urbana.
2. Estaciones de carga y descarga seguras y accesibles para bicicletas de carga. Así como estacionamientos y estaciones de carga segura.
 - Se propone sea regulado por las autoridades locales de servicios e infraestructura y de movilidad

3. Introducir incentivos económicos en la compra de los microvehículos para particulares y empresas de logística y reparto.
 - Se propone sea regulado por las autoridades locales de finanzas, de movilidad y ambientales de ambiente
4. Promover en centros laborales y universitarios incentivos para que los empleados y estudiantes realicen viajes en bicicleta, por ejemplo, estacionamientos exclusivos.
 - Se propone sea regulado por las autoridades locales de movilidad y ambientales de ambiente, empresas y organizaciones
5. Bonos para subscripciones a los sistemas de bicicletas públicas o para compra de este tipo de vehículos
 - Se propone sea regulado por las autoridades locales de movilidad y ambientales de ambiente, empresas y organizaciones

3.6) Legislación y normatividad para la movilidad eléctrica

Además de la formulación de incentivos, es necesario establecer normatividad para que permita establecer reglas en la fabricación, venta, uso y vida útil de los vehículos eléctricos. La SICT compartió las que actualmente están trabajando, las cuales se enfocan en el uso de los vehículos de baterías.

1. En el marco del Programa Nacional de Normalización de Transporte Terrestre, se tiene programado elaborar una Norma Oficial Mexicana relativa a los vehículos ecológicos cero emisiones, que utilizan para moverse energía eléctrica, celdas de hidrógeno y motores híbridos de combustión con energía eléctrica, a fin de coadyuvar en la prevención de la contaminación del medio ambiente por la emisión de gases de efecto invernadero.

La Norma tiene por objeto establecer las especificaciones técnicas y de seguridad, que deben cumplir los vehículos con energías limpias, para circular en las carreteras y puentes de jurisdicción federal y brindar seguridad a sus ocupantes y a los demás usuarios de la carretera.

2. Se tiene contemplado en el Programa Nacional de Normalización de Transporte Terrestre, modificar la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SCT-2-2016, Placas metálicas, calcomanías de identificación y tarjetas de circulación

empleadas en automóviles, tractocamiones, autobuses, camiones, motocicletas, remolques, semirremolques, convertidores y grúas, matriculados en la República Mexicana, a fin de incorporar en la Norma las nuevas series de placas que se destinarán a los vehículos pesados (camiones, tractocamiones y autobuses) para su identificación vehicular como vehículos ecológicos que utilizan energías limpias.

Además, se considera relevante incluir normatividad sobre los siguientes aspectos:

1. La estandarización de los plug-in a nivel nacional.
2. Normatividad que identifique a los responsables del manejo y disposición final de baterías de litio.
3. Crear homologación respecto a los vehículos de baterías y microvehículos en las siete entidades de la Megalópolis.
4. Establecer políticas públicas orientadas a mejorar la educación vial, que se complementan con cursos de educación vial obligatorio para personas conductoras de vehículos particulares, de transporte público y de carga.
5. Establecer reglas en los medios públicos de transporte masivo para que las personas usuarias puedan viajar con un microvehículo (vagones exclusivos, horarios, etc)



4. Consideraciones para adoptar la movilidad eléctrica en las entidades de la Megalópolis



*Tren ligero de la Ciudad de México.
Foto: Secretaría de Movilidad de la Ciudad de México*



Foto: Secretaría de Movilidad de la CDMX

El Diagnóstico para impulsar proyectos de movilidad eléctrica en la Megalópolis es un instrumento que tiene la finalidad de identificar los sistemas de transporte que son susceptibles a electrificar en las metrópolis de la región. Contempla un enfoque a futuro con la intención de generar una planeación de la movilidad basada en la sostenibilidad y el desarrollo orientado al transporte.

Se espera que las acciones que surjan posterior al desarrollo de este documento sirvan como medidas de prevención, control y mitigación de la contaminación atmosférica para obtener beneficios en la salud pública y en los efectos al cambio climático, a partir de la integración de tecnologías cero o de muy bajas emisiones en los modos de transporte. Asimismo, se busca incentivar a las entidades que ya cuentan con transporte eléctrico a continuar promoviendo este tipo de tecnología desde las políticas públicas y la transferencia de experiencias y conocimientos.



4.1) Lecciones aprendidas durante la elaboración del diagnóstico

Impulsar la movilidad eléctrica en la Megalópolis requiere que cada entidad fije metas a corto, mediano y largo plazo (2030, 2040, 2050), en todas las categorías y segmentos de flota. Estas metas deben establecerse para las diferentes etapas del ciclo de vida de los vehículos (fabricación, ventas, uso e insumos para su uso, reúso y disposición final).

Siguiendo las ideas anteriores, las entidades de la Megalópolis, deben incorporar diagnósticos, objetivos, estrategias e incentivos que impulsen el uso de vehículos eléctricos. Dichas medidas deben considerarse en sus diferentes instrumentos de planeación y acción, tales como los programas de calidad del aire, contra el cambio climático, movilidad, desarrollo urbano, y desarrollo económico. Asimismo, la movilidad eléctrica se puede promover en el marco de Programas como el de Verificación Vehicular Obligatoria (PVVO), el de Hoy No Circula (PHNC), y para Prevenir y Responder a Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA), en las entidades que cuentan con estos instrumentos.

Es necesario destacar que la transición al transporte eléctrico debe llevarse a cabo con la perspectiva de movilidad sostenible y equitativa, que permita a las personas habitantes de las metrópolis modificar sus hábitos de desplazamiento para acceder a los espacios y a las mercancías de forma eficiente, segura y con cero emisiones. A continuación se presentan las lecciones aprendidas para cada segmento de flota que se visualizaron en el desarrollo del documento:

a) Transporte público de mediana y alta capacidad

Los autobuses de transporte público son una oportunidad para iniciar la renovación de flota con tecnologías cero emisiones, ya que son flotas cautivas que circulan dentro de las ciudades, reguladas por los gobiernos locales y con rutas predeterminadas. Lo anterior, facilita la introducción de vehículos eléctricos acompañados de estrategias de recarga adecuadas. Un ejemplo de éxito es el que lleva a cabo el sistema Metrobús de la Ciudad de México, que ha iniciado el proceso de electrificación de su flota y ha anunciado una visión de corto y mediano plazo para electrificar la

totalidad de sus líneas de acuerdo con el vencimiento de la vida útil de sus unidades, lo que contribuirá oportunamente a los planes de neutralidad de carbono de esta entidad.

El 20 de febrero de 2023 se formalizó la puesta en marcha de la Línea 3 electrificada (Metrobús CDMX, 2023) y a la fecha este proyecto confirma que los autobuses eléctricos son una alternativa viable para la renovación de la flota diésel, no sólo desde un punto de vista económico, sino también por la reducción de contaminantes locales y climáticos. Un análisis de Costo Total de Propiedad (TCO) realizado por el ICCT, como parte de la iniciativa ZEBRA (*Zero Emission Bus Rapid-deployment Accelerator*) estimó que el proyecto de electrificación de flota de la Línea 3 de Metrobús resultaría 11% menos costoso dentro de un periodo de 10 años y 26% para un periodo de 15 años (Pineda et al., 2022)s. Dicho ahorro radica principalmente en la mayor eficiencia de las unidades eléctricas y al diferencial de precios entre las tarifas eléctricas y el combustible fósil.

Para llevar a cabo este proyecto se requirió de nuevos modelos de negocio y financieros, la asociación con nuevos actores, la separación de propiedad de activos y operación. Además, se modificó el periodo y escalamiento del proyecto, incrementando la vida de operación permitida de los autobuses eléctricos de 10 a 15 años (Pineda et al., 2022). En este sentido, para impulsar proyectos de movilidad eléctrica, será necesario la transformación del modelo hombre-camión a estructuras empresariales que permitan el acceso a financiamiento y beneficios fiscales, así como a una operación y mantenimiento más eficientes.

Esta misma estructura permitirá la profesionalización del personal de operación y que las unidades tengan un mantenimiento adecuado durante su vida útil, así como facilitar el financiamiento para la incorporación de las tecnologías cero emisiones. De esta forma se pueden mejorar los sistemas actuales de transporte público.

b) Transporte público individual (taxis)

En cuanto a los taxis, la sinergia entre empresas ha favorecido el despliegue de vehículos eléctricos. Un caso de éxito ocurrió en 2022 cuando una empresa de desarrollo de tecnologías limpias¹³ y una de taxi

¹³ VEMO

de aplicación¹⁴ establecieron una alianza estratégica para incrementar la oferta de vehículos eléctricos disponibles a través de una aplicación móvil en la Ciudad de México. La prueba piloto, realizada a partir del primer trimestre de 2022, incorporó 250 vehículos eléctricos y posteriormente estas empresas anunciaron que la primera fase de la estrategia integraría hasta 1,000 vehículos eléctricos durante los siguientes meses.

La colaboración entre ambas compañías también involucra un acuerdo comercial y estratégico con una armadora de autos¹⁵, quienes diseñaron un vehículo que cumpliera con las necesidades tanto de las empresas como de los usuarios del servicio. Además, la empresa de desarrollo de tecnologías limpias integra el uso de su tecnología propietaria para el monitoreo y administración de los vehículos, la infraestructura de recarga y los sistemas de operación de la compañía (VEMO, 2022).

c) Transporte de carga de última milla

Se detectó que gran parte de las empresas que se encuentran electrificando su flota forman alianzas con los fabricantes de autos y con los encargados de la infraestructura de recarga. No obstante, para que la electrificación del transporte de última milla se dé en óptimas condiciones debe de existir un plan de estructura de recarga.

Sin embargo, previamente a la electrificación, en algunos casos, las empresas de carga han sustituido sus flotas a vehículos más nuevos o con tecnologías que propician menos emisiones contaminantes a la atmósfera. Un caso exitoso de programas que incentivan el uso de este tipo de tecnologías es el Programa de Autorregulación Ambiental, el cual está dirigido a empresas mercantiles y rutas de transporte público que cuenten con vehículos a diésel, que circulen en la Ciudad de México y que cuenten con máximo 15 años de antigüedad. Dicho programa es coordinado por la Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire de la Secretaría de Medio Ambiente (SEDEMA) y, al cumplir ciertos parámetros, los vehículos inscritos pueden ser acreedores de la exención del Programa Hoy No Circula y el Programa de Contingencias Ambientales.

En el 2023, los resultados del Programa de Autorregulación Ambiental indicaron que el total de vehículos inscritos es de 2,365, de los cuales 1,538

¹⁴ Uber

¹⁵ BYD

cuentan con trampas de partículas. Por otra parte, la SEDEMA (2023) informó que 1,355 unidades están en proceso de adhesión. Adicionalmente, están inscritas 175 unidades de carga ligera, de las cuales 66 unidades son híbridas o eléctricas.

d) Micromovilidad de pasaje y carga

En el caso de la micromovilidad tanto de pasajeros como de carga, se requiere de la intervención de los gobiernos locales para proveer de infraestructura segura y accesible que permita a las personas usuarias realizar sus traslados y entrega de mercancías. A esto se debe sumar la actualización del reglamento de tránsito que incluya la exclusividad del uso de los espacios de movilidad no motorizada, además de reforzar la vigilancia.

Se considera que en ocasiones esta infraestructura deberá ser segmentada, entre pasajeros y mercancías debido al volumen que las bicicletas de carga conllevan. Asimismo, la incorporación de bicicletas con asistencia eléctrica y otros proyectos de micromovilidad requiere de la inversión tanto de gobiernos locales como de empresas de reparto, tomando siempre en cuenta que la asistencia eléctrica en estos vehículos promueve la movilidad activa en mayor distancia.



4.2) Siguiendo pasos para impulsar la movilidad eléctrica

Se debe buscar la implementación de proyectos y acciones complementarias que fomenten la electrificación del sector transporte. A continuación, se proponen acciones adicionales para impulsar la movilidad eléctrica en la Megalópolis.

- Elaborar de manera colaborativa una Guía para catalizar proyectos de movilidad eléctrica en la Megalópolis que sirva de apoyo a las entidades en el despliegue de sus acciones.
- Establecer metas de penetración de flota eléctrica por segmento y de acuerdo con las condiciones de cada entidad. Estas deberán alinearse a los compromisos asumidos a nivel nacional.
- Desarrollar una cartera de Proyectos de Movilidad Eléctrica para cada entidad que conforma la Megalópolis, en el marco de sus planes de movilidad sustentable y equitativa, esto a partir de la identificación de los sistemas susceptibles a electrificar.
- Hacer el compromiso de incorporar tecnologías eléctricas en el transporte público de las entidades de la Megalópolis, especialmente hay mayores oportunidades en los sistemas estructurados y empresariales, así como dar seguimiento a los proyectos de forma semestral para evaluar el avance sobre la penetración de movilidad eléctrica en la Megalópolis.
- Fomentar los planes específicos de acción que contemplen la coordinación entre las siete entidades y la Coordinación Ejecutiva de la CAME.
- Hacer el compromiso de crear incentivos para los vehículos de carga de última milla y de larga distancia eléctricos y potenciar la red de entrega.
- Generar políticas públicas que fomenten beneficios a la circulación de vehículos a baterías como: descuentos en peaje en autopistas y autopistas urbanas, lugares reservados de estacionamiento, acceso a zonas de bajas emisiones (ZBE), entre otros.
- Mantener un mecanismo de intercambio de experiencias, mejores prácticas y lecciones entre las entidades integrantes de la Megalópolis y otras ciudades.
- Generar un plan con su respectivo programa de acción para la instalación de redes de infraestructura de recarga en la

Megalópolis, los cuales deben coordinarse entre la CFE, los gobiernos locales de las entidades y la CAME. Estas redes de recarga deben incluir:

- Electrolineras para vehículos ligeros y taxis
 - Hubs o nodos de recarga para flotas de empresas de reparto.
 - Un programa de aplicación móvil de infraestructura de recarga.
 - Elaborar planes e incentivos para colocar infraestructura de recarga carretera.
-
- Fomentar la formalización de esquemas de negocio en el transporte público (pasar del modelo hombre-camión a las micro o pequeñas empresas), que faciliten la renovación de los vehículos y la incorporación de las nuevas tecnologías para el transporte público.
 - Impulsar esquemas de fondeo desde la banca de desarrollo con el acompañamiento de las autoridades locales de medio ambiente y de movilidad, que considere bonos de chatarrización para la incorporación de vehículos eléctricos.
 - Fortalecer la recolección y actualización de datos sobre emisiones y calidad del aire que permitan la definición de metas en la Megalópolis.
 - Articular campañas de comunicación que aporten al diseño de estrategias de cambio de comportamiento asociado al modelo A-S-I.



GLOSARIO

Clasificación de vehículos con baterías:

- **Vehículos eléctricos puros (VEB):** son aquellos cuyo funcionamiento o propulsión es 100% de modo eléctrico y genera cero emisiones por combustión durante su operación. Este tipo de vehículos están impulsados por un motor que se recarga con el sistema de frenado regenerativo y conectándolo a la red eléctrica.
- **Vehículos híbridos conectables (VHC):** son aquellos que combinan un motor eléctrico, con una batería de alta tensión y un motor de gasolina o diésel. Este tipo de vehículos tienen la posibilidad de funcionar como un eléctrico 100% y se puede recargar al conectarlo a la red eléctrica. También se puede operar a través del motor de combustión. Este tipo de vehículos se subdividen en dos grupos.
 - **Vehículos híbridos conectables fuertes (VHCF):** su autonomía debe superar los 40 km/h con el funcionamiento del motor eléctrico.
 - **Vehículo híbrido conectable débil (VHCD):** su autonomía no supera los 40 km/h con el funcionamiento del motor eléctrico o la energía almacenada es utilizada para el movimiento de las llantas y/o las amenidades, no para el desplazamiento del vehículo.
 - **Vehículo híbrido convencional (VHCv):** realiza el trabajo la mayor parte del tiempo es el motor de combustión, elemento que en ocasiones y en función de la carga de la batería, puede recibir el apoyo del propulsor eléctrico. Al ser el motor eléctrico más eficiente energéticamente hablando y al aprovechar la energía que se pierde al decelerar para recargar la batería, son vehículos que son capaces de lograr un ahorro importante en el gasto de combustible.

Entregas de última milla: se refiere a la entrega final con el consumidor de un bien.

Incentivo: es un mecanismo que induce comportamientos deseables en la ciudadanía, en este caso particular, se busca la incorporación de tecnologías menos contaminantes para la movilidad. A través de los incentivos las personas pueden obtener beneficios económicos, fiscales y en el uso del espacio público. Además del beneficio sobre la calidad del aire.

Norma Euro para el control de emisiones atmosféricas: Las normas Euro son un conjunto de condiciones para regular los límites aceptables de gases que emiten los vehículos nuevos de combustión interna que utilizan diésel y gasolina. A lo largo del tiempo las directivas europeas progresivamente van siendo más restrictivas (ver tabla). Los gases que se regulan a partir de estas normas son los óxidos de nitrógeno (NOx), el monóxido de carbono (CO), los hidrocarburos (HC) y el material particulado fino.

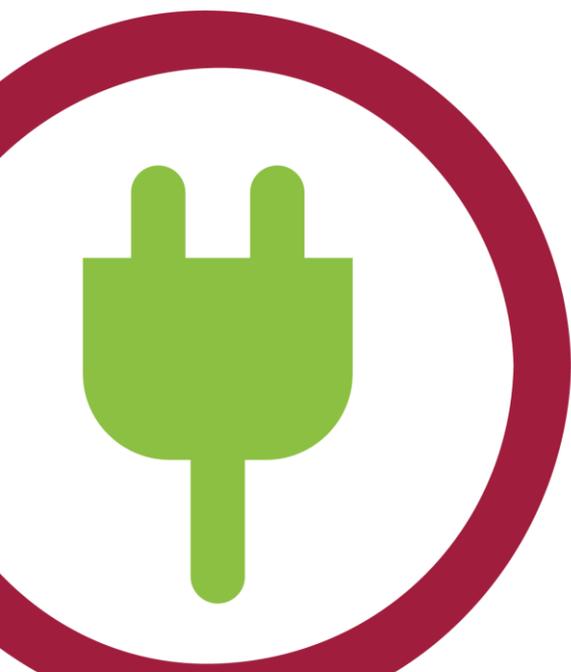
Tabla: Evolución de las restricciones de la Normas Euro

Euro 7-2027- Nox gasolina0.06- NOx diesel 0.09	Año	Emisiones de NOx para vehículos a gasolina (mg/km)	Emisiones de NOx para vehículos a diésel (mg/km)
Euro 1	1992	9,7	9,7
Euro 2	1997	5	9
Euro 3	2001	1,5	5
Euro 4	2006	0,8	2,5
Euro 5	2011	0,6	1,8
Euro 6	2015	0,6	0,8

Se espera que la norma Euro 7 entre en vigor en 2025

Salud ambiental: Según la OMS, este término se relaciona con la calidad del sistema ambiental y que da protección a las personas que los habitan. Se dice que el ambiente es saludable cuando se observa el aire limpio, un clima estable, un nivel adecuado de agua, saneamiento e higiene; entre otros aspectos del ambiente.

Zonas de baja emisión (ZBE): Las ZBE son polígonos donde se limita el flujo de vehículos motorizados como autos particulares, taxis, motocicletas, además de transporte pesado. Es una política que permite la disminución de emisiones y exposición a contaminantes, debido a que se promueve la reducción en el volumen y la concentración de automóviles, además de la renovación del parque vehicular.



ANEXOS

Tabla anexa 1

Población de la Megalópolis y extensión de las metrópolis

Metrópoli	Clasificación	Entidad(es)	No. de habitantes	Superficie urbana en ha	Densidad urbana (hab/ha)
Valle de México	Z. Metropolitana	Ciudad de México, Estado de México e Hidalgo	21,436,911	226,501	92
Valle de Toluca	Z. Metropolitana	Estado de México	2,353,924	44,400	42
Santiago de Tianguistenco	Z. Conurbada	Estado de México	183,281	3,075	41
Pachuca	Z. Metropolitana	Hidalgo	610,753	14,408	39
Tulancingo	Z. Metropolitana	Hidalgo	268,351	7,635	26
Cuernavaca	Z. Metropolitana	Morelos	1,121,122	24,259	41
Cuatla	Z. Metropolitana	Morelos	358,267	7,506	36
Tehuacán	Z. Metropolitana	Puebla	357,621	7,507	45
Teziutlán	Z. Conurbada	Puebla	138,806	3,075	35
Puebla-Tlaxcala	Z. Metropolitana	Puebla y Tlaxcala	2,776,893	59,347	45
Tlaxcala-Apizaco	Z. Metropolitana	Tlaxcala	674,510	34,655	17
Querétaro	Z. Metropolitana	Querétaro	1,530,820	24,396	57
Total de habitantes de las metrópolis de la región Megalopolitana			31,811,259		
Total población de las entidades de la Megalópolis			41,551,445		

Fuente: SEDATU, 2023

REFERENCIAS

- Accelerating to Zero Coalition. (2023). *The Zero Emission Vehicles Declaration, Signatories: Querétaro*. Accelerating to zero. <https://acceleratingtozero.org/signatories/queretaro/>
- Agencia de Energía del Estado de Puebla. (n.d.). *Plan para el Despliegue de Cargadores de Vehículos Eléctricos*. Agencia de Energía del Estado de Puebla. <https://agenciadeenergia.puebla.gob.mx/plan-cargadores-electricos-puebla>
- Alianza Flotillera. (2021, julio 29). DHL apuesta a las entregas en bicicleta. *Alianza Flotillera*. <https://alianzaflotillera.com/dhl-apuesta-a-las-entregas-en-bicicleta/#:~:text=La%20empresa%20de%20origen%20alem%C3%A1n,dif%C3%ADcil%20acceso%20a%20la%20movilidad.>
- Alianza Mx, Universidad de California y SRE, Secretaría de Relaciones Exteriores. (2022). *GRUPO DE TRABAJO PARA LA ELECTRIFICACIÓN DEL TRANSPORTE: Diagnóstico y Recomendaciones para la Transición de la Industria Automotriz en México*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/798195/Electrificacio_n_del_Transporte.pdf
- Anenberg, S., Miller, J., & Minjares, R. (2019). *A Global Snapshot of the Air Pollution-Related Health Impacts of Transportation Sector Emissions in 2010 and 2015*. ICCT, The International Council on Clean Transportation. https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/Global_health_impacts_transport_emissions_2010-2015_20190226.pdf
- ANTAD, Asociación Nacional de Tiendas de Autoservicio y Departamentales, A.C. (2022, diciembre 8). *Lala, primera empresa en México en introducir flota de unidades refrigeradas 100% eléctricas (Milenio)*. ANTAD. <https://antad.net/lala-primera->

empresa-en-mexico-en-introducir-flota-de-unidades-refrigeradas-100-electricas-milenio/

ATSDR, Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades. (2016, mayo 6). *Óxidos de nitrógeno (monóxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno, etc.)*. ToxFAQs™. https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts175.html

Boehm, S., & Schumer, C. (2023, marzo 20). *10 Big Findings from the 2023 IPCC Report on Climate Change*. Insights-WRI, World Resources Institute. <https://www.wri.org/insights/2023-ipcc-ar6-synthesis-report-climate-change-findings>

C40 Cities. (2023). C40 Clean Air Accelerator. How cities are cleaning the air we breathe. Report. https://www.c40.org/wp-content/uploads/2024/03/C40_Clean_Air_Accelerator_Progress_Report_2023.pdf

CCP, Carreteras de Cuota de Puebla. (n.d.). *RED URBANA DE TRANSPORTE ARTICULADO*. RUTA Puebla. <http://ruta.puebla.gob.mx/nosotros>

COFEPRIS, Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. (2017, diciembre 31). *Normas Oficiales Mexicanas (NOM) de Calidad del Aire Ambiente*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/4-normas-oficiales-mexicanas-nom-de-calidad-del-aire-ambiente>

CFE, Comisión Federal de Electricidad. (n.d.). *Electrolineras para Negocio*. Portal CFE. <https://www.cfe.mx/negocio/nuevocontrato/pages/electrolinerasnegocio.aspx>

Congreso de Tlaxcala. (2023, diciembre 14). *COMUNICADO 1405 LXIV LEGISLATURA 14 DE DICIEMBRE DE 2023 Aprueba LXIV Legislatura reformar Ley de Comunicaciones y Transportes*. congresodetlaxcala.gob.mx.

<https://congresodetlaxcala.gob.mx/aprueba-lxiv-legislatura-reformar-ley-comunicaciones-transportes/>

Díaz, E. (2023, mayo 4). 99MINUTOS VA POR UNA ÚLTIMA MILLA MÁS ELECTRIFICADA. *T21*. <https://t21.com.mx/logistica-2023-05-04-99minutos-va-ultima-milla-mas-electrificada/#:~:text=Los%20nuevos%20veh%C3%ADculos%20se%20suman,que%20ronda%20las%2040%20unidades.>

Ecobici. (n.d.). *¿Qué es Ecobici?* Ecobici. <https://ecobici.cdmx.gob.mx/conoce-sistema/>

EPA, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2023, marzo 14). *El impacto de los compuestos orgánicos volátiles en la calidad del aire interior*. EPA en español. <https://espanol.epa.gov/cai/el-impacto-de-los-compuestos-organicos-volaticos-en-la-calidad-del-aire-interior#health>

Estafeta. (2018). *Arranca el Servicio “Envíos Verdes” de Estafeta para entregas última milla en CDMX y Puebla*. Estafeta Noticias. <https://www.estafeta.com/Noticias/2018/12/Arranca-el-Servicio-Envios-Verdes-de-Estafeta>

FONADIN, Fondo Nacional de Infraestructura. (2023, julio 4). *Ampliación de la Línea 1 del Tren Suburbano Lechería – Jaltocan – AIFA*. fonadin.gob. <https://www.fonadin.gob.mx/fni2/fp103/>

FONADIN, Fondo Nacional de Infraestructura. (2023, julio 20). *Ferrocarril Suburbano (Sistema 1) Cuautitlán-Buenavista Zona Metropolitana del Valle de México*. FONADIN. <https://www.fonadin.gob.mx/fni2/fp01/#:~:text=20%20trenes%20el%C3%A9ctricos%20de%204,a%20carga%20de%20la%20SCT.>

Gobierno de la Ciudad de México. (2022, julio 20). *Cablebús Línea 3: proyecto de movilidad sustentable*. Portal Gobierno. <https://gobierno.cdmx.gob.mx/noticias/cablebus-linea-3-proyecto-de-movilidad-sustentable/>

- Gobierno del Estado de Puebla. (2023, febrero 14). *Finaliza primer piloto de electromovilidad interuniversitaria en Puebla*. Gobierno de Puebla.
<https://www.puebla.gob.mx/index.php/noticias/item/11372-finaliza-primer-piloto-de-electromovilidad-interuniversitaria-en-puebla>
- Grupo Bimbo. (2022, septiembre 5). *Adquirimos en México 1,001 nuevos vehículos eléctricos de reparto*. Comunicados-Grupo Bimbo.
<https://grupobimbo.com/es/prensa/comunicados/medio-ambiente/adquirimos-en-mexico-1001-nuevos-vehiculos-electricos-de-reparto>
- Grupo CISA. (2024, enero 8). *¡CONOCE NUESTRAS NUEVAS UNIDADES ELÉCTRICAS!* Instagram cisa_mx.
<https://www.instagram.com/reel/C12JnzNp52K/?igsh=MTQwYmthZHlrazZicw%3D%3D>
- Hernández, V. (2021, diciembre 9). *Grupo Modelo brinda la primera flota eléctrica de carga pesada en México*. Revista Transportes y Turismo. <https://www.tyt.com.mx/nota/grupo-modelo-brinda-por-la-primer-flota-electrica-de-carga-pesada-en-mexico>
- Hernández, V. (2022, junio 7). *Coca-Cola Femsa prevé electrificar el 45% de su flota para 2030*. *Transporte y Turismo*.
<https://www.tyt.com.mx/nota/coca-cola-femsa-preve-electrificar-el-45-de-su-flota-para-2030>
- Hernández, V. (2022, octubre 5). *Transportes Marva se lleva los primeros 120 tractocamiones eléctricos en México*. Revista Transporte y Turismo. <https://www.tyt.com.mx/nota/transportes-marva-se-lleva-los-primeros-120-tractocamiones-electricos-en-mexico>
- Hernández, V. (2023, marzo 23). *Esta es la ruta de electrificación de Grupo Modelo*. *Transporte y Turismo*.
<https://www.tyt.com.mx/nota/esta-es-la-ruta-de-la-electrificacion-de-grupo-modelo>

Hernández, V. (2023, mayo 4). 99 refuerza su flota eléctrica para la última milla. *Transportes y Turismo*. <https://www.tyt.com.mx/nota/99-minutos-refuerza-su-flota-electrica-para-la-ultima-milla>

Herrero, C., Bustillos, D., Chiñas, D., González, E., & Alvéstegui, P. (2022). *MOVE UP. Reporte Técnico*. ITDP, Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo. https://ideamos.mx/wp-content/uploads/2022/12/MOVEUP_ReporteTecnico_Programaldeos_06.12.2022.pdf

INECC, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2020). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGyCEI). In *Libre Uso Mx*. <https://datos.gob.mx/busca/dataset/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero-inegycei>

INECC, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2022). *Contribución Determinada a Nivel Nacional. Actualización 2022*. https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-11/Mexico_NDC_UNFCCC_update2022_FINAL.pdf.

INECC, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2022). *Informe de la Calidad del Aire 2020*. <https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/informes/Informe2020.pdf>

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2016-2022). Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Ligeros (RAIAVL). In *Datos Primarios INEGI*. https://www.inegi.org.mx/datosprimarios/iavl/#Datos_abiertos

INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017). Encuesta Origen Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México (EOD) 2017. In *Subsistema de Información Demográfica y Social*. <https://www.inegi.org.mx/programas/eod/2017/#Tabulados>

- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). Población 1990-2020. In *Demografía y Sociedad*.
<https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/#Tabulados>
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2023). Transporte Urbano de Pasajeros. In *Subsistema de Información Económica*.
<https://www.inegi.org.mx/programas/transporteurbano/#Documentacion>
- Metrobús. (n.d.). *Línea 3: Eje 1 Poniente*. Fichas Técnicas Metrobús.
<https://www.metrobus.cdmx.gob.mx/dependencia/acerca-de/fichas-tecnicas>
- Metrobús CDMX. (2023, febrero 21). *Puesta en marcha de la Línea 3 del Metrobús 100% eléctrica*. YouTube.
<https://www.youtube.com/watch?v=ttFEgqiRDfs>
- Mexicable, Sistema de Transporte de Teleférico. (n.d.). *Línea Verde*. Mexicable. <https://mexicable.com/mexicable2/#/>
- 99 minutos. (n.d.). *99 minutos*. Página oficial. <https://99minutos.com/>
- OMS, Organización Mundial de la Salud. (2021). *Directrices mundiales de calidad del aire de la OMS. Material particulado (PM2.5 y PM10), ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y monóxido de carbono*.
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf>
- OMS, Organización Mundial de la Salud. (2022, diciembre 19). *Contaminación del aire ambiente (exterior)*. Centro de Prensa de la OMS. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- ONU, Organización de las Naciones Unidas. (n.d.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Objetivos de Desarrollo Sostenible.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

- Ortega, R. I. (2022, mayo 4). *Mercado Libre electrifica su última milla*. El Financiero. <https://www.elfinanciero.com.mx/transporte-y-movilidad/2022/05/04/mercado-libre-electrifica-su-ultima-milla/>
- Pineda, L., Jiménez, C. y Delgado, O. (2022). *Estrategia para el despliegue de flota eléctrica en el sistema de corredores de transporte público de pasajeros de la ciudad de México "metrobus": líneas 3 y 4*. ICCT, The International Council on Clean Transportation. <https://theicct.org/publication/mexico-latam-hdv-zebra-mar22/>
- Portal Automotriz. (2023, mayo 4). *México modelo de transporte eléctrico a seguir en DHL Supply Chain Latinoamérica*. PortalAutomotriz. <https://www.portalautomotriz.com/noticias/transporte/mexico-modelo-de-transporte-electrico-a-seguir-en-dhl-supply-chain-latinoamerica>
- Redacción de Aristegui Noticias. (2020, febrero 17). *Por contaminación del aire, 48 mil mexicanos mueren prematuramente cada año*. Aristegui Noticias. <https://aristeguinoticias.com/1702/mexico/por-contaminacion-del-aire-48-mil-mexicanos-mueren-prematuramente-cada-ano/>
- Roy, R., y Braathen, N. A. (2017). *The Rising Cost of Ambient Air Pollution thus far in the 21st Century: Results from the BRIICS and the OECD Countries*. *OECD Environment Working Papers*, 124. <https://doi.org/10.1787/d1b2b844-en>
- SALUD, Secretaria de Salud. (2019, agosto 20). *NORMA Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2019, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO₂). Valores normados para la concentración de dióxido de azufre (SO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la población*. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5568395&fecha=20/08/2019#gsc.tab=0

SALUD, Secretaría de Salud. (2021). *Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de nitrógeno (NO₂). Valores normados para la concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.* NOM-023-SSA1-2021.
https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5633854&fecha=27/10/2021#gsc.tab=0

SALUD, Secretaría de Salud. (2021). *Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al monóxido de carbono (CO). Valores normados para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.* NOM-021-SSA1-2021.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5634084&fecha=29/10/2021#gsc.tab=0

SALUD, Secretaría de Salud. (2021). *Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono (O₃). Valores normados para la concentración de ozono (O₃) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.* NOM-020-SSA1-2021.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5633956&fecha=28/10/2021#gsc.tab=0

SALUD, Secretaría de Salud. (2022). *Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM₁₀ y PM_{2.5}. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM₁₀ y PM_{2.5} en el aire ambiente, como medida de protección a la salud.* NOM-025-SSA1-2021.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5633855&fecha=27/10/2021#gsc.tab=0

SEDATU, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2016). *Anatomía de la Movilidad en México. Hacia Dónde Vamos.*
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/411314/Anatomia_de_la_movilidad_en_Mexico.pdf

- SEDATU, Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2023). *Estrategia Nacional de Movilidad y Seguridad Vial*. <https://www.gob.mx/sedatu/documentos/estrategia-nacional-de-movilidad-y-seguridad-vial?state=published>
- SEDATU, Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano. (2023). *Metrópolis de México 2020*. https://www.gob.mx/cms/uploads/sedatu/MM2020_19102023.pdf
- SEDEMA, Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. (2010). *Calidad del aire en la Ciudad de México. Informe 2010*.
- SEDEMA, Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. (2023). *Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2020*. <http://www.aire.cdmx.gob.mx//aire/descargas/publicaciones/flippingbook/inventario-emisiones-cdmx-2020/inventario-emisiones-cdmx-2020.pdf>
- SEDEMA, Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. (2023, agosto 22). *Logra Sedema que más de 2 mil automotores a diésel se inscriban al Programa de Autorregulación Ambiental*. SEDEMA. <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/logra-sedema-que-mas-de-2-mil-automotores-diesel-se-inscriban-al-programa-de-autorregulacion-ambiental>
- SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2018, abril 18). *Calidad del aire, el desafío de las grandes urbes*. Blog SEMARNAT. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/calidad-del-aire-el-desafio-de-las-grandes-urbes>
- SEMOVI, Secretaría de Movilidad de la Ciudad de México. (n.d.). *Biciestacionamientos*. SEMOVI. <https://www.semovi.cdmx.gob.mx/tramites-y-servicios/bicis-y-parquímetros/bicicletas/biciestacionamiento-y-cicloviainformacion-biciestacionamientos>

SEMOVI, Secretaría de Movilidad de la Ciudad de México. (2022). *Cuarto Informe de Gobierno 2021-2022*.
https://www.semovi.cdmx.gob.mx/storage/app/media/Cuarto_Informe_Movilidad_2022_.pdf

SICT, Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. (2022, marzo 1º). *Tren Interurbano México-Toluca*. sct.gob.mx.
<https://sct.gob.mx/index.php?id=4119>

SRE, Secretaría de Relaciones Exteriores. (2022, noviembre 14). *Mexico GIZ announces new commitments to combat climate change at COP27*. Prensa, Gobierno de México.
<https://www.gob.mx/sre/prensa/mexico-announces-new-commitments-to-combat-climate-change-at-cop27>

Steer Davies Gleave. (2018, marzo). *Documento inicial de política pública de electro-movilidad*.

Teejeda Le Blanc & Cía., S.C. & LT Consulting. (2023, Octubre 12). *Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio para la Megalópolis. Informe Final*. Preparado para la Comisión Ambiental de la Megalópolis.

TUMI, Transformative Urban Mobility Initiative. (2019). *Transporte Urbanos Sostenible: Evitar, Cambiar, Mejorar (A-S-I)*. GIZ, Agencia Alemana para la Cooperación Internacional.

VEMO. (2022, febrero 8). *VEMO y Uber anuncian una alianza estratégica*. VEMOvilidad. <https://vemovilidad.com/vemo-continua-acelerando-el-ecosistema-de-movilidad-limpia-en-mexico-anunciando-acuerdo-marco-estrategico-con-byd-que-permitira-incorporar-1000-vehiculos-electricos-a-su-flota-2/>

VEMO. (2022, abril 20). *VEMO continúa acelerando el ecosistema de movilidad limpia*. VEMOvilidad. <https://vemovilidad.com/vemo-continua-acelerando-el-ecosistema-de-movilidad-limpia-en-mexico-anunciando-acuerdo-marco-estrategico-con-byd-que-permitira-incorporar-1000-vehiculos-electricos-a-su-flota/>

La movilidad eléctrica en la Megalópolis busca generar un diálogo plural, incluyente y multiactor.

