

07

Estrategias,
medidas y acciones de gestión de
calidad del aire
y reducción de
emisiones



El ProAire ZMVM 2021-2030
cuenta con 19 medidas
enfocadas en la reducción
de emisiones contaminantes
en la atmósfera para mejorar
la calidad del aire que se
respira y proteger la salud.

07



La evaluación de salud del presente capítulo, contó con la participación del Instituto Nacional de Salud Pública (INSP), del Grupo de Liderazgo Climático C40, y de las Oficinas de Planeación y Estándares de Calidad del Aire y de Investigación y Desarrollo de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA).

.....
El **Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2021-2030 (ProAire ZMVM 2021-2030)** es un instrumento que establece metas, medidas y acciones con el propósito de reducir las emisiones contaminantes a la atmósfera, mejorar la calidad del aire que respiran los habitantes de la región y proteger su salud.

Los capítulos anteriores fungen como un diagnóstico donde se describen las características físicas, socioeconómicas y urbanas de la ZMVM, que influyen sobre la emisión de contaminantes; el fundamento jurídico y el marco normativo que sustentan el desarrollo e implementación del ProAire; y la situación actual de la calidad del aire, a través de un análisis de los resultados del monitoreo atmosférico, la magnitud de las emisiones contaminantes por fuente y los impactos a la salud asociados al estado de la contaminación atmosférica. Este diagnóstico, sumado a procesos participativos con distintas instituciones gubernamentales, el sector privado, la sociedad civil organizada, la academia y otros actores con experiencia relevante, hizo posible la

identificación de prioridades y propuestas clave para integrar el Programa.

Este capítulo presenta los objetivos y metas del ProAire ZMVM 2021-2030, define la estrategia general que se siguió para evaluar las características institucionales, legales, técnicas y presupuestales requeridas para su ejecución, y describe las medidas y acciones concretas en materia de calidad del aire, que la Ciudad de México, el Estado de México, el Estado de Hidalgo y el Gobierno Federal deberán implementar durante el periodo 2021-2030. También se expone el razonamiento detrás de la selección y priorización de las medidas elegidas, en función de su alcance, la fuente de emisión que atacan, los impactos y beneficios esperados, así como la factibilidad y la magnitud de los recursos requeridos para su implementación. De esta forma, se garantiza que las propuestas responden a la problemática actual y al contexto local.

En total, se cuenta con una cartera de **19 medidas**, enfocadas en la reducción de emisiones de sectores contaminantes prioritarios o en un área transversal que fortalece la gestión de la calidad del aire, como los procesos de comunicación de riesgos y participación ciudadana, los arreglos institucionales, de seguimiento y coordinación metropolitana, el monitoreo atmosférico y la investigación científica. Estas medidas se subdividen en **40 acciones**, compuestas a su vez por **126 actividades** que detallan las políticas públicas, programas e intervenciones concretas que rigen su ejecución. Se destaca que cada acción cuenta con una **ficha descriptiva** que especifica sus características; estas fichas fueron elaboradas según los lineamientos de la **Metodología del Marco Lógico** de la Comisión Económica de América Latina y el Caribe (CEPAL) de las Naciones Unidas (Ortega *et al.*, 2005) para facilitar el desarrollo de indicadores, el seguimiento y la evaluación a futuro.

7.1 Objetivos y metas del ProAire

7.1.1 Objetivo general

El objetivo general del ProAire ZMVM 2021-2030 es mejorar la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México y proteger la salud de la población, a través de la ejecución de las medidas y acciones propuestas.

El Plan General de Desarrollo de la Ciudad de México (PGD) tiene como una de sus metas que la “ciudad disfrute de una buena calidad del aire durante al menos dos terceras partes del año” al año 2040 (Gobierno de la Ciudad de México, 2020), bajo los estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Por su parte, una de las estrategias del Plan de Desarrollo del Estado de México 2017-2023 es “contribuir a la mejora de la calidad del aire” (Gobierno del Estado de México, 2018), en

tanto que el Plan Estatal de Desarrollo de Hidalgo 2016-2022 tiene como uno de sus objetivos estratégicos la “mejora en la calidad del aire” (Gobierno del Estado de Hidalgo, 2020).

Una primera aproximación del esfuerzo necesario para mejorar la calidad del aire en la ZMVM se puede determinar a través de un modelo proporcional simple¹. Este modelo estima la reducción de emisiones necesaria para alcanzar la meta de calidad del aire propuesta, esto es, una buena calidad del aire durante al menos dos terceras partes del año para cada contaminante criterio. Si se toman en cuenta los contaminantes prioritarios para la ZMVM, el ozono (O₃) y las partículas PM_{2.5}, el análisis muestra que:

— Para alcanzar la Guía de Calidad del Aire (GCA) de la OMS para el promedio de 24 horas de PM_{2.5} (25 µg/m³), se requiere una reducción del 31% en las emisiones totales.

— Para alcanzar la GCA de la OMS para el promedio móvil de 8 horas de O₃ (51 ppb), se requiere una reducción aproximada del 71% en todas las fuentes que emiten precursores de este contaminante, esto es óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV).

— Para el caso de la métrica de O₃ de 1 hora, se requiere una reducción aproximada del 50% de todas las fuentes que emiten precursores del O₃ para alcanzar el valor guía de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA), igual a 90 ppb.

7.1.2 Objetivos específicos y metas de reducción de emisiones

Los objetivos específicos del ProAire ZMVM 2021-2030 corresponden a las metas cuantitativas y cualitativas que resultarán de la ejecución de las medidas y acciones propuestas. Estos objetivos,

que se resumen en la Tabla 7.1, sientan las bases para dar seguimiento y evaluar el avance en la implementación del Programa.

Tabla 7.1 Objetivos específicos y metas del ProAire ZMVM 2021-2030

Objetivo específico	Descripción de la meta
1. Reducir las emisiones de fuentes y categorías contaminantes prioritarias	Mitigar las emisiones de partículas suspendidas y precursores de O ₃ , al ser estos los contaminantes que afectan principalmente la calidad del aire en la ZMVM. Las metas de reducción de emisiones, respecto de un escenario tendencial en 2030, son: <ul style="list-style-type: none"> Más del 20% de reducción de PM₁₀ Más del 35% de reducción de PM_{2.5} Más del 20% de reducción en COV Más del 35% de reducción en NO_x Se espera un cobeneficio en cambio climático por la aplicación de las medidas del 10% de GEI. Las medidas 1 a 14 se enfocan en la reducción de emisiones en fuentes prioritarias dentro de la ZMVM. La medida 18 atiende una fuente externa a la ZMVM, el corredor industrial Tula-Vito-Apasco, cuyas emisiones tienen un impacto significativo en la contaminación por dióxido de azufre (SO ₂) en la ZMVM. Es importante considerar que estas reducciones refieren a un escenario condicionado a la implementación en tiempo y forma de las medidas propuestas.
2. Reducir las concentraciones de partículas y ozono	Reducir los valores máximos de las concentraciones de ozono al año 2030 y reducir la concentración promedio de partículas PM ₁₀ y PM _{2.5} .
3. Mejorar los procesos de comunicación de riesgos y proteger la salud de la población	Integrar una Estrategia Integral de Comunicación e implementar acciones dirigidas a proteger la salud de la población, a través de cambios en la regulación ambiental, programas de contingencias ambientales y la gestión de información en salud y calidad del aire. Este objetivo específico es atendido por la medida 15 .
4. Fortalecer mecanismos de seguimiento institucional, financiamiento y coordinación metropolitana	Facilitar la implementación del ProAire, a través de mecanismos y sistemas para la evaluación, reporte y seguimiento institucional; el financiamiento de las distintas medidas; y la coordinación metropolitana. Este objetivo específico es atendido por la medida 16 .

¹ Esta aproximación fue elaborada por la SEDEMA de la Ciudad de México.

Tabla 7.1 Objetivos específicos y metas del ProAire ZMVM 2021-2030 (continuación)

Objetivo específico	Descripción de la meta
5. Ampliar el monitoreo ambiental de la calidad del aire	Mejorar el monitoreo de calidad del aire de contaminantes normados y precursores en la ZMVM. Este objetivo específico es atendido por la medida 17 .
6. Fomentar la investigación científica para informar el desarrollo, implementación y evaluación del ProAire	Promover la colaboración científica entre el sector académico y dependencias gubernamentales, para elaborar estudios que apoyen el desarrollo, implementación y evaluación de políticas de gestión de la calidad del aire. Para esto, se integró una Agenda de Investigación (medida AI) que define temas prioritarios a investigar.
7. Promover la actualización de marcos normativos para la gestión de la calidad del aire	Actualizar normas y regulaciones que permitan controlar las emisiones de sectores prioritarios y mejorar la gestión de la calidad del aire. Dentro de las medidas, se plantean como acciones y actividades la creación y actualización de normas oficiales mexicanas (NOM) y normas estatales específicas para asegurar la participación de los entes regulados y alcanzar los objetivos del Programa. Asimismo, se identifican otras reformas legislativas y regulatorias que son necesarias para garantizar la implementación del ProAire, las cuales comprenden la Agenda Regulatoria y se incluyen dentro de las medidas respectivas.

Nota: Los totales pueden variar por el redondeo de cifras.

Fuente: *Elaboración propia.*

7.2 Contexto

Este ProAire corresponde a la actualización del Programa para Mejorar la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana del Valle de México 2011-2020, cuya evaluación y lecciones aprendidas fueron clave para el diseño de las medidas y acciones del presente Programa². Una de las principales conclusiones de esta evaluación es la importancia de fortalecer el trabajo colaborativo entre el Gobierno Federal, los gobiernos de la Ciudad de México, el Estado de México y el Estado de Hidalgo, y los gobiernos locales de las alcaldías y municipios que conforman a la ZMVM, dado que cada nivel de gobierno tiene distintas responsabilidades y jurisdicción sobre fuentes contaminantes específicas, además de que resulta imprescindible la coordinación para la ejecución

de políticas públicas de alto impacto. Es por esto que, para garantizar la congruencia con esfuerzos existentes, en el diseño del presente Programa, se consideraron las medidas planteadas en otros ProAire vigentes que cubren parcialmente el territorio de la ZMVM:

- El Programa de Gestión Federal para Mejorar la Calidad del Aire de la Megalópolis 2017-2030.
- El Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire en el Estado de México 2018-2030.
- El Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Hidalgo 2016-2024.

² La evaluación y lecciones aprendidas del ProAire anterior se detallan en la sección 3.6 del Capítulo 3.

Por último, también se incorporaron insumos de otras iniciativas que inciden en la mejora de la calidad del aire, en específico:

- Las 14 medidas necesarias para mejorar la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México, definidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión Ambiental de la

Megalópolis (CAME) en colaboración con los gobiernos de la Ciudad de México y el Estado de México en 2019.

- La Estrategia Local de Acción Climática (ELAC) 2021-2050 y el Programa de Acción Climática de la Ciudad de México (PACCM) 2021-2030.

7.3 Estrategia para la definición de medidas del ProAire

Mejorar la calidad del aire requiere esfuerzos convergentes de todos los sectores (medio ambiente, energía, transporte, planeación urbana y vivienda, agricultura y ganadería, entre otros). Por esta razón, para la definición de medidas y acciones se siguió un proceso participativo³ con agencias gubernamentales federales, estatales y municipales, la academia, organizaciones civiles y no gubernamentales, para definir un listado preliminar de más de 150 propuestas. A continuación, se realizó un ejercicio para identificar las iniciativas prioritarias a incluir en el ProAire ZMVM 2021-2030, a juicio de las partes expertas invitadas, quienes también apoyaron su elaboración.

Posteriormente, los resultados del ejercicio de priorización de medidas se cotejaron con los sectores prioritarios identificados en el Inventario de Emisiones de la ZMVM 2018⁴, para garantizar que atienden la mitigación de fuentes emisoras prioritarias. En específico, este análisis se centró en los contaminantes que exceden con mayor frecuencia los límites permisibles establecidos en las NOM de salud ambiental:

- El O₃, el cual se forma en la atmósfera a partir de sus precursores, los COV y los NO_x.
- Las PM₁₀ y PM_{2.5}, siendo estas últimas el contaminante del aire que se asocia a la mayor carga de mortalidad y morbilidad.

Las propuestas de política pública se agruparon en medidas, de tal forma que cada una de estas está dirigida a un sector contaminante específico, esto es una fuente o grupo de fuentes prioritarias. Además, se incluyen medidas para mejorar la gestión de calidad del aire a través de procesos de comunicación de riesgos y protección a la salud, el fortalecimiento institucional, el monitoreo ambiental o la investigación. Cada medida, incluyendo la Agenda de Investigación, está compuesta por una o más acciones, que se dividen a su vez en actividades y subactividades con indicadores de seguimiento (ver esquema de la Figura 7.1). En el caso de la Agenda Regulatoria, sus acciones se incluyen y numeran conforme a la medida en la que se encuentran.

³ El proceso participativo referido se detalla en la sección 8.3.1 del Capítulo 8.

Medidas →

Atienden un sector contaminante o temática prioritaria para la gestión de la calidad del aire.

Se identifican con un número (1 a 18) o dos letras (A).

Acciones →

Cada medida está integrada por una o más acciones, identificadas con un código de 2 números (p. ej. 1.2).

Para cada acción se cuenta con una ficha descriptiva (40 en total).

Las acciones se dividen en actividades (p. ej. 1.2.3) y estas, a su vez, en al menos una subactividad que tiene un indicador de seguimiento (p. ej. 1.2.3.1).

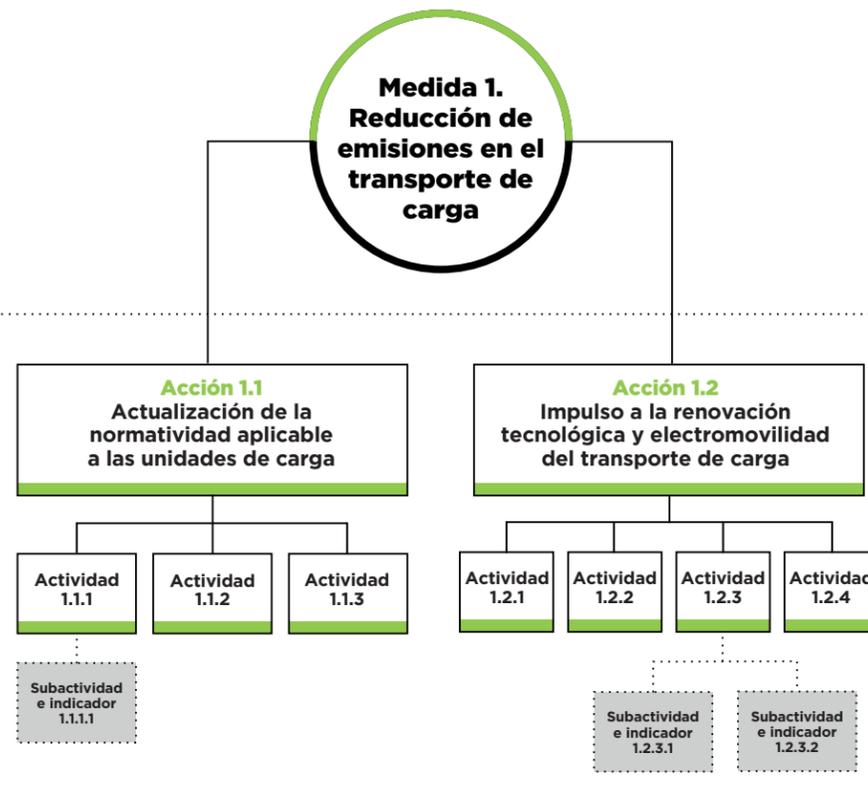


Figura 7.1 Estructura y organización de las medidas y acciones del ProAire ZMVM 2021-2030

Fuente: Elaboración propia.

Para cada acción se realizó un análisis de los factores institucionales, legales, técnicos y presupuestales requeridos para su ejecución. También se evaluaron los beneficios ambientales esperados de su implementación, esto es las reducciones en emisiones asociadas a su ejecución. Esto permitió determinar el costo-efectividad de las propuestas, así como la factibilidad de su implementación.

Cada una de las acciones fue detallada siguiendo los lineamientos de la Metodología del Marco

Lógico (MML) de la CEPAL (Ortegón et al., 2005). La MML es una herramienta que facilita la conceptualización, diseño, ejecución y evaluación de programas de política pública. La aplicación de esta metodología tiene como producto principal una matriz que resume los objetivos de un proyecto, cómo se alcanzan estos objetivos, los supuestos clave, e información sobre cómo serán monitoreados y evaluados los resultados de su aplicación. Para integrar la matriz, se contemplan dos etapas puntuales:

A

Identificación del problema y alternativas de solución: Se analiza la situación actual y se define una visión de la situación deseada, seleccionando las estrategias que se aplicarán para llegar al objetivo. En este sentido, las medidas del ProAire fueron diseñadas para resolver los problemas principales detectados en el diagnóstico, y responden al contexto y necesidades locales. El análisis contempló una evaluación de: 1) responsables e involucrados que necesitan participar en la gestión de la calidad del aire, 2) las problemáticas actuales (el diagnóstico), 3) objetivos (mejoras deseadas en la calidad del aire) y 4) las posibles medidas y acciones que podrían implementarse en respuesta a la situación a resolver.

B

Planificación: Las medidas y acciones se traducen en un plan operativo. Para garantizar que las propuestas sean prácticas y ejecutables, se evaluaron en términos de su alcance, beneficios esperados, actores responsables e involucrados, fundamento jurídico, costos y opciones de financiamiento, recursos necesarios y posibles barreras de implementación. Cada acción se detalló a través de actividades y subactividades, indicadores de seguimiento y cronogramas para su ejecución. Como parte de esta etapa, se elaboraron las distintas fichas descriptivas de cada acción, que equivalen a la matriz de la MML.

7.4 Medidas y acciones

A continuación, se presentan las distintas medidas y acciones que conforman el ProAire ZMVM 2021-2030. Se proporcionan descripciones sobre el objetivo de cada medida, la justificación en relación con el diagnóstico del Programa y las fuentes emisoras

atendidas, así como el listado de acciones contempladas y sus actividades específicas. Para consultar información más detallada de cada acción, se pueden revisar las fichas descriptivas del Anexo 7.1, las cuales se estructuran de la siguiente manera:

Descripción del objetivo de la acción.
Diagnóstico de la situación actual.
Actividades y subactividades que conforman la acción , y sus respectivas metas e indicadores de seguimiento.
Entidades e instituciones responsables , así como otros actores involucrados.
Marco normativo (fundamento jurídico y reformas legislativas, regulatorias o normativas necesarias).
Factores económicos (costo estimado y posibles fuentes de financiamiento).
Barreras de implementación (presupuestales, económicas, sociales, políticas, institucionales, operativas, del sector involucrado o tecnológicas).
Beneficios ambientales esperados en términos de las reducciones acumuladas en emisiones (a 2024 y a 2030), el costo-efectividad en la mitigación de contaminantes prioritarios y otros co-beneficios.
Especificaciones de los indicadores de seguimiento y evaluación.
Cronograma de ejecución en función de las sub-actividades e indicadores.

Medida 9	Reducción de las emisiones asociadas a la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica
Acción 9.1	Reducción de las emisiones de contaminantes asociada a la generación de electricidad
Subsector	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica

Descripción
Reducir las emisiones de partículas finas, óxidos de nitrógeno y carbono negro asociadas a la generación de electricidad, a través de establecer una regulación de emisiones y de operación en los procesos y equipos que las generan. Se proponen acciones para acelerar la publicación del PROY-NOM168-SEMARNAT-ASEA-2016, con el cual se contará con monitoreo continuo de emisiones y se instalarán sistemas de control de emisiones para el cumplimiento de la norma, y para establecer un registro de plantas generadoras de energía eléctrica de emergencia (PGEEE) que permita desarrollar lineamientos para su operación y/o fabricación.

Diagnóstico
La generación de energía eléctrica es un sector relevante por la demanda de combustibles y las correspondientes emisiones que genera, así como un tema prioritario en cambio climático por la cantidad de gases y compuestos de efecto invernadero con los que contribuye a las emisiones nacionales y mundiales. Dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) se localizan 19 empresas de este sector, importantes por su contribución de partículas finas, carbono negro y CO2eq, lo que equivale al 5.6%, 13.5% y al 4.0%, respectivamente, del total emitido por todas las fuentes en la zona (ver la siguiente tabla).

Emisiones contaminantes generadas por el subsector, ZMVM-2018 ¹ (t/año)					
Fuente contaminante	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO _x	Carbono negro	CO ₂ eq
Total, ZMVM	34 779.5	16 500.1	144 597.8	2615.3	75 165 596.7
	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Total, fuentes puntuales	4184.2	3174.4	9505.2	534.2	14 239 552.0
	12.0%	19.2%	6.6%	20.4%	18.9%
Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica	918.4	918.3	2841.9	352.6	3 019 602.6
	2.8%	5.9%	2.0%	13.9%	4.9%

En particular, se identifican cinco empresas que aportan más del 60% de las emisiones de contaminantes dentro del sector, una en la Ciudad de México y cuatro en el Estado de México, mismas que consumen en su totalidad gas natural para la generación de electricidad. Por otra parte, la termoelectrica Francisco Pérez Ríos ubicada en Tula en Hidalgo, que utiliza combustóleo, genera emisiones de SO₂ que pueden llegar hasta la ZMVM. Se ha determinado que las emisiones de esa zona han ocasionado incrementos extraordinarios en las mediciones matutinas durante la época fría e incluso hasta el mes de marzo.

Con la finalidad de reducir emisiones en este sector, es necesario el establecimiento de límites de emisión y monitoreo continuo. En este contexto, se identificó que existe un proyecto de norma que se emitió para consulta pública en el año 2016, la cual al año 2021 cuenta con un avance superior al 60%. El PROY-NOM168-SEMARNAT-ASEA-2016, establece niveles máximos permisibles de emisión provenientes de turbinas de gas, a ciclo abierto o ciclo combinado, aeroderivadas y su medición, con potencia mayor a 0.5 MW. Los niveles de emisión se establecen en función de la capacidad de la turbina de gas, tipo de combustible y condiciones de referencia. Aquellas que tienen una capacidad nominal mayor a 50 MW, deben contar con un sistema de monitoreo continuo de emisiones (SMCE) para medir NO_x y SO₂. Las turbinas con capacidad de generación menor a 50 MW pueden determinar sus emisiones por un SMCE o a través de mediciones periódicas. La conformidad de la norma se realiza mediante la evaluación documental de la factura y de los resultados de los monitoreos de emisiones, así como la verificación de la calibración, operación y mantenimiento del SMCE e informes de resultados, además de la verificación documental en caso de que se utilicen combustibles no definidos en la norma. Se considera conveniente que para la evaluación de la conformidad de los SMCE se establezca un repositorio de datos, con la finalidad de contar con la información en tiempo real y que la revisión documental se realice con información registrada previamente.

Por otra parte, es necesario destacar que los establecimientos industriales, comerciales y de servicios cuentan con plantas generadoras de energía eléctrica de emergencia (PGEEE) cuando existen fallas en el sistema eléctrico. Sin embargo, algunos de estos establecimientos, también utilizan en horas pico la energía eléctrica de la red para disminuir el costo de su consumo energético. De acuerdo con el Inventario de Emisiones de la ZMVM 2018, se contabilizaron 794 PGEEE, las cuales tuvieron un incremento del 11% comparado con el año 2015, aun cuando hubo una reducción de establecimientos industriales. Adicionalmente, se identificó que ninguno reporta contar con alguna tecnología o sistema para el control de emisiones. En este contexto, es necesario contar con un padrón de equipos, así como establecer las especificaciones mínimas de operación y mantenimiento, para determinar su impacto en las emisiones atmosféricas y en la salud, toda vez que en su mayoría operan con diésel. Así mismo, en un futuro se puede establecer una regulación a nivel nacional. Es importante mencionar que, de acuerdo con la Ley de la Industria Eléctrica, las Centrales Eléctricas de cualquier capacidad que sean destinadas exclusivamente al uso propio en emergencias e interrupciones en el Suministro Eléctrico no requieren permiso. Por ello, actualmente las PGEEE no solicitan permiso de funcionamiento eléctrico y, por ende, no hay registro alguno de estos equipos que permita identificar tipos y capacidades.

Actividades						
Número	Descripción	Indicador	Entidad	Meta 2024	Meta 2030	Costo (M.M.)
	Establecer el monitoreo continuo de las emisiones del sistema de generación eléctrica, para el cumplimiento de normas.					
9.1.1	9.1.1.1 Publicar la NOM-168-SEMARNAT-ASEA-2016, niveles máximos permisibles de emisión provenientes de turbinas de gas, a ciclo abierto o ciclo combinado, aeroderivadas y su medición, para su entrada en vigor.	Norma publicada	FED (SEMARNAT/ASEA/SENER)	1	1	\$32,000
	9.1.1.2 Establecer un sistema de seguimiento de la norma por parte de las autoridades federales para la emisión y evaluación de registros, que considere la NMX-AA-191-SCFI-2020. Se propone elevar la fiabilidad de contar con un repositorio de datos para las autoridades ambientales, en el cual se dispongan los datos del monitoreo continuo de manera automática para la vigilancia del cumplimiento y seguimiento.	Sistema de seguimiento operado	FED (SEMARNAT/ASEA/SENER)	1	1	ND ¹
	Establecer un registro de las plantas generadoras de energía eléctrica de emergencia (PGEEE) y desarrollar lineamientos de operación.					
9.1.2	9.1.2.1 Crear un registro que contenga la siguiente información: datos generales del responsable de la operación de las PGEEE, especificaciones (marca, modelo, capacidad (kW), combustible y ficha técnica del equipo) y características de operación (consumo de combustible, horas anuales de operación y botadora de mantenimiento a cargo de una empresa certificada).	Registro PGEEE operado	FED (SEMARNAT/SAT)	1	1	\$500,000
	9.1.2.2 Desarrollar un lineamiento de operación con base en la información que aporte el registro.	Lineamientos publicados	FED (SEMARNAT/SAT)	0	1	\$128,000
		CDMX	0	1	\$128,000	
		EDOMEX	0	1	\$64,000	

Responsables e involucrados	
Entidades responsables	Gobierno Federal, Ciudad de México y Estado de México
Instituciones responsables	<ul style="list-style-type: none"> Gobierno Federal: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) - Dirección General de Energía y Actividades Extractivas, Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA) - Unidad de Normatividad y Regulación, Secretaría de Energía (SENER) y Servicio de Administración Tributaria (SAT). Ciudad de México: Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA) Estado de México: Secretaría del Medio Ambiente (SMAGEM)
Actores involucrados	<ul style="list-style-type: none"> Gobierno Federal: Comisión Reguladora de Energía (CRE) Coordinación Ejecutiva de la Comisión Ambiental de la Megalópolis (CE-CAME) Otros: Empresas privadas dedicadas a la generación de electricidad y Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Marco normativo
Fundamento jurídico
Fundamentos en leyes generales o federales
El párrafo segundo del artículo 1 de la Ley de la Industria Eléctrica (LIE) establece como una de las finalidades de dicha Ley el cumplimiento de las obligaciones de reducción de emisiones contaminantes. Por su parte, la fracción V del artículo 4 señala como una de las obligaciones de servicio público universal cumplir con las obligaciones en materia de reducción de emisiones contaminantes que al efecto se establezcan en las disposiciones aplicables. El artículo 27 establece que las Centrales Eléctricas con capacidad mayor o igual a 0.5 MW y las Centrales Eléctricas de cualquier tamaño representadas por un Generador en el Mercado Eléctrico Mayorista requieren permiso otorgado por la CRE para generar energía eléctrica en el territorio nacional; no obstante, las Centrales Eléctricas de cualquier capacidad que sean destinadas exclusivamente al uso propio en emergencias o interrupciones en el suministro eléctrico no requieren permiso. Finalmente, el artículo 128 de la LIE faculta a la SEMARNAT para establecer, a través de normas oficiales mexicanas (NOM) y los demás instrumentos o disposiciones aplicables, las obligaciones de reducción de emisiones contaminantes relativas a la industria eléctrica.
De acuerdo con las fracciones VII y IX del artículo 3 de la Ley de Infraestructura de la Calidad (LIC), compete exclusivamente a las dependencias o entidades de la Administración Pública Federal elaborar los proyectos de NOM, sometidos al conocimiento de los comités consultivos nacionales de normalización, expedirlos y, en su caso, modificarlos con base en el procedimiento previsto en el artículo 35 de este ordenamiento.

Por su parte la fracción III del artículo 35 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente señala que, para garantizar la sustentabilidad de las actividades económicas, la Secretaría SEMARNAT emitirá normas oficiales mexicanas en materia ambiental y para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, que tengan por objeto estruñular o inducir a los agentes económicos para reorientar sus procesos y tecnologías a la protección del ambiente y al desarrollo o sustentable. La fracción III del artículo 111 de dicha Ley establece que, para controlar, reducir o evitar la contaminación de la atmósfera, la Secretaría tendrá la facultad de expedir las normas oficiales mexicanas que establezcan por contaminante y por fuente de contaminación, los niveles máximos permisibles de emisión de gases, así como de partículas sólidas y líquidas o a la atmósfera provenientes de fuentes fijas y móviles. Además, el artículo 111 bis indica que para la operación y funcionamiento de las fuentes fijas de jurisdicción federal que emitan o puedan emitir olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera, se requerirá autorización de la Secretaría, considerándose fuentes fijas de jurisdicción federal, la industria química, del petróleo y petroquímica, de pinturas y tintas, automotriz, de celulosa y papel, metalúrgica, del vidrio, de generación de energía eléctrica, del asbesto, cementera y calera y de tratamiento de residuos peligrosos (...).

Por otro lado, de acuerdo con el artículo 45 fracción XI de la Ley de la Comisión Federal de Electricidad, le corresponde al Director General dirigir el control y la implementación de los programas de prevención en materia eléctrica, y los demás que, en materia de seguridad operativa, en el libro ecológico y preservación del medio ambiente sean aplicables.

Fundamentos en leyes locales
Ciudad de México
El artículo 15 de la Constitución Política de la Ciudad de México en su fracción A.2 dicta que la Ciudad de México minimizará su huella ecológica, en los términos de emisión de gases de efecto invernadero, a través de nuevas tecnologías, uso de energía renovable, medidas y políticas de eficiencia energética, entre otros. Asimismo, en su fracción A.4 menciona que las autoridades aplicarán las medidas necesarias para reducir las causas, prevenir, mitigar y revertir las consecuencias del cambio climático, y que se crean políticas públicas y un sistema eficiente con la mejor tecnología disponible de prevención ambiental de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes.

También la Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal (LAPTFD) establece en el artículo 133, fracción I, que, para regular, prevenir, controlar, reducir o evitar la contaminación de la atmósfera, la SEDEMA tendrá la facultad de coordinarse con la Federación, entidades federativas y municipios de la zona conurbada para la planeación y ejecución de acciones coordinadas en materia de gestión de la calidad del aire. A su vez, el artículo 138 establece que, en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica producida por fuentes fijas, la SEDEMA establecerá las medidas preventivas y correctivas para reducir las emisiones contaminantes, y promoverá ante los responsables de operación de las fuentes, la aplicación de nuevas tecnologías con el propósito de reducir sus emisiones a la atmósfera.

Estado de México
La fracción VI del artículo 1.6 del Código para la Biodiversidad del Estado de México le atribuye a las autoridades estatales y municipales a que se refiere el Código en las materias que les corresponde expedir normas técnicas estatales en los casos previstos en el Código y realizar directamente o a través de terceros autorizados la evaluación de conformidad, la expedición estará reservada a las dependencias de la administración pública estatal encargadas de aplicar el ordenamiento.

Reformas legislativas, regulatorias o normativas
En virtud de los fundamentos legales existentes, es posible establecer esta acción para promover ante las autoridades federales competentes la actualización de la normatividad aplicable para regular las emisiones y la operación en los procesos y equipos generadores de emisiones de sector eléctrico, con base en el procedimiento previsto en la LIC.
Para completar esta acción se deberá concluir el procedimiento de elaboración de norma:

- PROY-NOM 168-SEMARNAT-ASEA-2016, Niveles máximos permisibles de emisión provenientes de turbinas de gas, a ciclo abierto o ciclo combinado, aeroderivadas y su medición.

Factores económicos							
Costo estimado	\$900,000 M.N.						
	Incluye el costo de publicación de la norma y elaboración de lineamientos, así como el desarrollo del registro de las PGEEE. El costo de la subactividad 9.1.1.2 está contemplado en la ficha 16.2 Desarrollo de plataformas de seguimiento institucional para sectores altamente contaminantes, en la actividad referente al desarrollo de sistemas de reporte de desempeño ambiental.						
Fuentes de financiamiento	Algunas fuentes de financiamiento potenciales son:						
	<ul style="list-style-type: none"> Inversión pública utilizando recursos presupuestales y recursos autogenerados, así como con asistencia técnica de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE). Inversión de particulares mediante la observancia obligatoria de la normatividad e incentivos de autorregulación. 						

Barreras de implementación	
Descripción de las barreras y supuestos identificados	Se considera que las principales barreras a las que se pueden enfrentar las autoridades son las diferencias en puntos de vista por parte de las instituciones para llegar a acuerdos en los límites máximos permisibles, especificaciones y métodos de medición, falta de coordinación institucional, recursos económicos escasos o limitados para generar un sistema de seguimiento, así como falta de personal para la gestión, administración y vigilancia de la normatividad. Adicionalmente, el sector regulado puede mostrar resistencia para la instalación de sistemas de monitoreo continuo y equipos de control de emisiones, falta de recursos para instalar las tecnologías antes mencionadas, incomformidad de brindar información específica de las PGEEE y falta de veracidad de la información proporcionada.

Presupuestales	Económicas	Sociales	Políticas	Institucionales	Operativas	Sector involucrado	Tecnológicas
X	X			X	X	X	

Reducción de emisiones (toneladas reducidas) ²	Beneficios ambientales esperados									
	Año	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	CO ₂ eq	CN	Tóxicos
	2024	735	735	NA	NA	2179	NA	NA	282	NA
	2030	2939	2938	NA	NA	8715	NA	NA	1128	NA
Costo-efectividad	Costo medida M.N./toneladas reducidas	ND	ND	NA	NA	\$103	NA	NA	ND	NA
Cobeneficios	Los cobeneficios esperados son la reducción de emisiones a nivel nacional y beneficios a la salud por la reducción de la exposición de la población a contaminantes.									

Seguimiento y evaluación						
Indicadores						
No.	Nombre	Unidades	Método de cálculo	Frecuencia de medición ³	Medios de verificación	
9.1.1.1	Norma publicada	Documento	Conteo	Única vez (año 2)	Publicación del documento en el Diario Oficial de la Federación	
9.1.1.2	Sistema de seguimiento operado	Sistema operado	Conteo	Única vez (año 4)	Sistema operado	
9.1.2.1	Registro de PGEEE operado	Registro operado	Conteo	Única vez (año 4)	Registro operado	
9.1.2.2	Lineamientos publicados	Documento	Conteo	Única vez (año 5)	Publicación de lineamientos en el Diario Oficial de la Federación, GOCEMEX y Periódico Oficial	

Cronograma de ejecución											
Actividad	Indicador	Año									
		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
9.1.1	9.1.1.1		40%								
	9.1.1.2			40%	60%						
9.1.2	9.1.2.1			25%	50%						
	9.1.2.2					25%	50%				

Medida 1.

Control de emisiones en el transporte de carga

Objetivo: Reducir las emisiones contaminantes provenientes del transporte de carga, a través de acciones regulatorias, la actualización de la normatividad aplicable, políticas que incentiven la renovación de la flota con unidades de alto desempeño ambiental y restricciones a la circulación de vehículos con alta generación de contaminantes.

Justificación: En la ZMVM circulan más de 307 mil unidades de carga ligera y pesada, tanto locales como foráneas. En conjunto, estos vehículos tienen un aporte significativo a las emisiones locales de partículas suspendidas, SO₂, NO_x y carbono negro, como se muestra en la Tabla 7.2. Las unidades de transporte de carga son en su mayoría a gasolina (72.2%) y diésel (24.7%). Se destaca que en unidades pesadas (tractocamiones y vehículos con peso bruto vehicular mayor a 3.8 toneladas), predominan las unidades a diésel, las cuales generan partículas finas identificadas

como las más dañinas a la salud humana (Benbrahim-Tallaa *et al.*, 2012; California Air Resources Board, 2020).

El control de emisiones en el sector requiere, en primer lugar, una actualización de la base jurídica aplicable para regular las emisiones de la flota. Asimismo, es necesario instrumentar políticas y programas para acelerar la renovación del parque vehicular con unidades con sistemas eléctricos o híbridos y en caso de las unidades a diésel cuentan con sistema avanzado de control de emisiones (estándares nacionales 1B y 2B equivalentes a EPA 10 y EURO VI), además se debe fortalecer las actividades de vigilancia y seguimiento institucional respecto a las condiciones operativas y ambientales de las unidades, sobre todo de aquellas que, por su antigüedad y/o falta de mantenimiento, generan una alta tasa de emisión de contaminantes.

Tabla 7.2 Emisiones contaminantes del transporte de carga

Fuente contaminante	Emisiones en 2018 (t/año)									
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	NO _x	Carbono negro					
Total, ZMVM	34 779.5	100.0%	16 500.1	100.0%	3068.1	100.0%	144 597.8	100.0%	2615.3	100.0%
Total, fuentes móviles	13 763.3	39.6%	7097.5	43.0%	1058.8	34.5%	124 114.6	85.8%	1526.0	58.4%
Transporte de carga	4177.0	12.0%	3049.3	18.5%	289.5	9.4%	20 125.0	13.9%	514.4	19.7%
Vehículos de carga de hasta 3.8 toneladas	370.3	1.1%	189.9	1.2%	18.4	0.6%	4256.5	2.9%	64.9	2.5%
Vehículos de carga mayores de 3.8 toneladas	2246.9	6.5%	1600.9	9.7%	133.1	4.3%	11 675.5	8.1%	229.3	8.8%
Tractocamiones	1559.7	4.5%	1258.5	7.6%	138.1	4.5%	4193.0	2.9%	220.2	8.4%

Nota: Los totales pueden variar por el redondeo de cifras.

Fuente: *Elaboración propia con base en el Inventario de Emisiones de la ZMVM 2018 (SEDEMA, 2021).*

Entidades responsables: Gobierno Federal (SEMARNAT, PROFEPA, CRE, SCT, INECC y Guardia Nacional), Ciudad de México (SEMOVI, SEDEMA y SSC) y Estado de México (SEMOV, SMAGEM y Secretaría de Seguridad)

Figura 7.2 Ejemplo ilustrativo de una ficha descriptiva

Fuente: *Elaboración propia.*

Acciones y actividades:

<p>1.1. Actualización de la normatividad aplicable a las unidades de carga.</p>	<p>Esta acción busca actualizar las NOM que regulan las emisiones del transporte de carga.</p> <p>1.1.1 Mantener el cumplimiento del estándar B de la NOM-044-SEMARNAT-2017, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no metano, hidrocarburos no metano más óxidos de nitrógeno, partículas y amoníaco, provenientes del escape de motores nuevos que utilizan diésel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor a 3857 kilogramos, así como del escape de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor a 3857 kilogramos equipados con este tipo de motores. Se buscará aplicar los límites del estándar B, establecidos en la regulación de referencia, a partir del año 2025.</p> <p>1.1.2 Actualizar la NOM-045-SEMARNAT-2017, Protección ambiental. - Vehículos en circulación que usan diésel como combustible- Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición. La actualización deberá considerar la medición del número de partículas en unidades de diésel; así como de dióxido de nitrógeno en las tecnologías vehiculares más avanzadas en materia de control de estos contaminantes; además de evaluar la conveniencia de revisar los sistemas de diagnóstico a bordo.</p> <p>1.1.3 Actualizar la NOM-016-CRE-2016, Especificaciones de calidad de los petrolíferos. Se deberá actualizar el calendario de aplicación de las clases de gasolina para asegurar una baja volatilidad en la temporada de mayor generación de ozono en las entidades federativas que circundan a la ZMVM; además de modificar el territorio del país en donde es obligado la comercialización del diésel de ultra bajo azufre (DUBA) para garantizar su disponibilidad en todas las entidades federativas del país.</p>
<p>1.2. Impulso a la renovación tecnológica y electromovilidad del transporte de carga.</p>	<p>Se propone reducir el factor de emisión promedio de la flota, mediante cambios regulatorios, programas y apoyos que promuevan la renovación de vehículos de carga pesada y ligera con tecnologías de menor intensidad de carbono. De forma que para finales del 2030, se incremente el porcentaje de unidades con sistemas eléctricos o híbrido y, en caso de las unidades a diésel la mayoría de ellos cuenten con sistemas avanzados de control de emisiones de partículas y óxidos de nitrógeno (estándares nacionales 1B y 2B equivalentes a EPA 10 y EURO VI).</p>

	<p>1.2.1 Generar regulación local para incrementar el uso de unidades de carga pesada de bajas emisiones. Contempla modificar reglas locales de autorización, vigencia y renovación de concesiones y/o permisos para beneficiar a las unidades de bajas emisiones.</p> <p>1.2.2 Actualizar y homologar los programas de transporte de carga de bajas emisiones. Se contempla modificar el Programa de Autorregulación para fomentar el uso de unidades de mejor desempeño ambiental.</p> <p>1.2.3 Fomentar el uso de unidades de carga ligera eléctricas o híbridas.</p> <p>1.2.4 Mejorar la coordinación y aplicación de los programas de inspección y vigilancia locales y federales realizados en centros de verificación y en vialidad.</p>
<p>1.3. Limitaciones y vigilancia de la circulación de transporte de carga contaminante.</p>	<p>Para reducir la cantidad de kilómetros-carga que se recorren en la ZMVM con unidades de bajo desempeño ambiental, se debe eficientar la logística en la distribución de la carga e incentivar la circulación de unidades más limpias, mientras se desincentiva a aquellas unidades que no cumplan con los estándares ambientales necesarios (unidades que carezcan de trampas de partículas).</p> <p>1.3.1 Implementar restricciones horarias y zonales a la circulación de unidades de carga altamente contaminantes. La actividad contempla convenios de exención de acuerdo con compromisos de renovación vehicular y reducción gradual de emisiones.</p> <p>1.3.2 Realizar operativos de vigilancia en los límites y dentro de la ZMVM. Dichos operativos tienen como finalidad detectar y sancionar unidades contaminantes; se prevé el uso y evaluación de herramientas tecnológicas como opacímetros, nanómetros o monitores remotos.</p>

Medida 2.

Reducción de emisiones en el transporte particular

Objetivo: Reducir las emisiones del transporte ligero, en específico unidades particulares, a través de cambios regulatorios sobre los niveles de emisión y eficiencia energética, la renovación tecnológica y electrificación de la flota, así como políticas que reduzcan el número de viajes personales en la zona metropolitana e instrumentos dirigidos hacia la planeación urbana sustentable.

Justificación: En la ZMVM circulan más de 5.4 millones de vehículos ligeros para el transporte de personas (automóviles particulares, camionetas SUV y motocicletas). Este sector tiene un aporte significativo en las emisiones contaminantes de partículas suspendidas, SO₂, NO_x y COV, entre otros contaminantes, como se muestra en la Tabla 7.3.

Tabla 7.3 Emisiones contaminantes del transporte particular

Fuente contaminante	Emisiones en 2018 (t/año)									
	PM ₁₀		PM _{2.5}		SO ₂		NO _x		COV	
Total, ZMVM	34 779.5	100.0%	16 500.1	100.0%	3068.1	100.0%	144 597.8	100.0%	413 820.9	100.0%
Total, fuentes móviles	13 763.3	39.6%	7097.5	43.0%	1058.8	34.5%	124 114.6	85.8%	91 770.8	22.2%
Transporte particular	5405.4	15.5%	1571.2	9.5%	427.0	13.9%	58 356.2	40.4%	57 055.7	13.8%
Automóviles particulares	3940.5	11.3%	1118.6	6.8%	276.7	9.0%	37 716.0	26.1%	36 755.0	8.9%
Camionetas SUV (a)	1093.7	3.1%	280.3	1.7%	103.4	3.4%	15 128.1	10.5%	10 546.7	2.5%
Motocicletas	371.2	1.1%	172.3	1.0%	46.9	1.5%	5512.1	3.8%	9754.0	2.4%

Notas: Los totales pueden variar por el redondeo de cifras.
(a) Vehículo utilitario deportivo, del inglés Sport Utility Vehicle.

Fuente: *Elaboración propia con base en el Inventario de Emisiones de la ZMVM 2018 (SEDEMA, 2021).*

Las unidades de transporte particular están adecuadamente reguladas por parte de los programas ya existentes y por las propias autoridades de tránsito local. No obstante, dado que los cambios normativos usualmente tienen un impacto significativo en las emisiones del sector, es necesario actualizar la normatividad y establecer programas que promuevan tecnologías híbridas o eléctricas. Asimismo, estas acciones se pueden extender a otros tipos de transporte, como las unidades de carga ligera o el transporte público.

Según la Encuesta Origen Destino (EOD) de la ZMVM del año 2017, el 21.1% de todos los viajes realizados se hacen en algún modo de transporte privado, mismos que se realizan principalmente

para ir al trabajo o estudiar. En la ZMVM, la estructura urbana causa un estancamiento en los modos de transporte terrestre, lo cual se refleja en las bajas velocidades de circulación y los elevados tiempos de traslado. Por lo tanto, además de actualizar la normatividad y fomentar la renovación de la flota, también se requieren acciones que reduzcan la necesidad y/o la distancia de viajes personales.

Por último, también existen características institucionales, políticas y urbanas que son un obstáculo a la gestión de la calidad del aire. La ZMVM abarca tres entidades federativas, y se ha generado una interdependencia funcional entre la Ciudad de México y la zona conurbada. La estructura de la

ciudad tiene un impacto directo en la emisión de contaminantes relacionada con la movilidad de las personas y la distribución de bienes y productos. Entre mejor conectada, accesible y compacta sea una ciudad, y mientras exista una adecuada distribución de la oferta laboral, educativa, de servicios y de diversión, menor será la distancia

que se tiene que recorrer para que sus habitantes accedan a servicios, oportunidades de trabajo y académicas, bienes de consumo, sitios de entretenimiento, etc. Por lo tanto, se requieren mecanismos de coordinación metropolitana, así como instrumentos integrales que regulen los procesos de urbanización y uso del suelo.

Entidades responsables: Gobierno Federal (SEMARNAT, CONUEE, SE, SHCP, SFP CEND, SEP y STPS), Ciudad de México (SEDEMA, SECTEI, SAF, ADIP, SEMOVI y SEDUVI), Estado de México (SMA-GEM, SEFIN, SEMOV, SEDUC y SEDUO) y Estado de Hidalgo (Secretaría de Finanzas Públicas)

Acciones y actividades:

2.1. Actualización de la normatividad de emisiones vehiculares y de eficiencia energética, aplicable a unidades ligeras.

Esta acción busca actualizar y crear nuevas NOM, que regulen las emisiones del transporte particular con límites máximos permisibles más estrictos y mejores rendimientos de combustible. Además, estas regulaciones se ampliarán al transporte de carga ligera y unidades de transporte público individual de pasajeros (p. ej. taxis) y de mediana capacidad.

2.1.1 Publicar la actualización de la NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013, Emisiones de bióxido de carbono (CO₂) provenientes del escape y su equivalencia en términos de rendimiento de combustible, aplicable a vehículos automotores nuevos de peso bruto vehicular de hasta 3857 kilogramos. La actualización contempla la introducción de tecnologías para reducir la emisión de CO₂ y mejorar el rendimiento de la flota vehicular de manera gradual.

2.1.2 Actualizar la NOM-042-SEMARNAT-2003, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diésel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos. Se deberá enfocar a la actualización de emisiones evaporativas e incluir límites de emisión más restrictivos, basados en las regulaciones internacionales EURO 5 y EPA Tier 2 bin 5.

2.1.3 Emitir una NOM que establezca los límites máximos permisibles aplicables a motocicletas nuevas, considerando para ello, límites mínimos del tipo EURO 3, y publicar criterios de verificación. Implica actualizar las NOM que establecen los límites máximos permisibles aplicables a motocicletas en circulación y su método de prueba y características del equipamiento a utilizar para su verificación.

2.2.
Fomento de la renovación tecnológica del transporte particular y la electromovilidad.

Se promoverá la adquisición y uso de unidades de mejor desempeño ambiental, a través de la renovación del Programa Hoy No Circula (HNC) y el Programa de Verificación Vehicular Obligatoria (PVVO), ofreciendo mayores incentivos a las tecnologías más limpias. Asimismo, estos programas también aplican a unidades de carga y del transporte público, extendiendo sus beneficios.

2.2.1 Reestructurar el PVVO. Se deberá mantener una actualización continua de las condiciones para otorgar los hologramas de verificación vehicular del tipo exento, doble cero, cero, uno y dos, los cuales deberán basarse en las condiciones de desempeño ambiental de las tecnologías de acuerdo a la regulación nacional y/o internacional con la que cumplieron, manteniendo el PVVO como el instrumento para determinar, a través de las emisiones vehiculares evaluadas, la necesidad de otorgar mantenimiento a los automotores.

2.2.2 Actualizar el Programa HNC. Se vincula con los cambios en hologramas de verificación y el PVVO, y buscará que los vehículos de bajo desempeño ambiental tengan restricciones más estrictas a la circulación, para así motivar su renovación.

2.2.3 Incrementar las unidades de vehículos híbridos y eléctricos. Se contempla la creación de instrumentos que fomenten el cambio en los patrones de compra de personas físicas y morales.

Esta acción tiene por objetivo disminuir la demanda de viajes en modos particulares motorizados, para evitar kilómetros recorridos y así mitigar las emisiones contaminantes.

2.3.
Administración de la demanda del transporte individual motorizado.

2.3.1 Digitalizar trámites gubernamentales. Con la actividad se busca que los ciudadanos puedan realizarlos desde sus hogares, oficinas o centros digitales sin la necesidad de desplazarse largas distancias.

2.3.2 Establecer planes de movilidad empresarial y gubernamental.

2.3.3 Implementar Centros de Comunicación Comunitaria. A través de estos se buscará brindar acceso gratuito a internet de banda ancha, de forma que los usuarios puedan sostener videoconferencias y trabajo o estudio en línea.

2.3.4 Reducir los viajes en la ZMVM. Esta actividad se enfoca al reporte del número de viajes reducidos en la ZMVM por la aplicación de las medidas anteriores.

2.4.
Estructura urbana sustentable.

La acción tiene como objetivo establecer las herramientas e instrumentos necesarios para impulsar una ciudad que logre disminuir las distancias, tiempos y costos relacionados a la movilidad y transporte de mercancías, como una prioridad del gobierno hacia un desarrollo orientado al transporte. Las actividades siguientes se basan en tecnologías de información, instrumentos de planeación y cambios de relaciones urbanas⁵.

2.4.1 Definir Zonas de Baja Emisión (ZBE) a nivel metropolitano.

2.4.2 Diseñar un sistema integral de movilidad a nivel metropolitano.

2.4.3 Ajustar políticas de uso de suelo. Se enfoca principalmente en aumentar densidades habitacionales, e impulsar la verticalidad y los usos de suelo mixtos en zonas cercanas a estaciones de transporte estructurado.

2.4.4 Establecer un Sistema de Información Geográfica integral que evalúe los impactos ambientales de las políticas, inversiones e intervenciones urbanas en la ZMVM.

2.4.5 Establecer un Ordenamiento del Territorio de la ZMVM que tenga una visión de sustentabilidad.

⁵ La visión de futuro, establecida en el Plan General de Desarrollo de la Ciudad de México, es contar con un ordenamiento territorial, que opera e instrumenta permanentemente con perspectiva de género, incluyente y ambientalmente sostenible y alcance metropolitano.

Medida 3.**Control de emisiones en el transporte público de pasajeros**

Objetivo: Reducir las emisiones asociadas al transporte público de pasajeros, a través de la ampliación y mejora de los sistemas de transporte masivos y de alta capacidad, la renovación tecnológica y la electromovilidad, y la construcción de infraestructura para incrementar los viajes en bicicleta dentro de la ZMVM.

Justificación: El transporte público en la ZMVM está conformado por distintos sistemas gestionados por los gobiernos estatales, el gobierno federal y entes privados.

El transporte masivo local está conformado por sistemas de la Ciudad de México (STC Metro, los

autobuses de la RTP, el Metrobús, el Cablebús y el STE) y del Estado de México (Mexibús y Mexicable), así como un sistema conjunto (Tren Suburbano). A estos sistemas se suman otros modos de alta capacidad, como autobuses concesionados, autobuses federales, autobuses de transporte escolar y de personal. Las emisiones de estos sistemas se asocian a la falta de renovación y mantenimiento de unidades, particularmente en autobuses (ver Tabla 7.4). No obstante, estos sistemas tienen menos emisiones por pasajero transportado, por lo que su ampliación y renovación con tecnologías de menor intensidad de carbono y/o de emisiones de partículas, es una de las mejores opciones para reducir emisiones.

Tabla 7.4 Emisiones contaminantes del transporte público de pasajeros

Fuente contaminante	Emisiones en 2018 (t/año)									
	PM ₁₀		PM _{2.5}		SO _x		NO _x		COV	
Total, ZMVM	34 779.5	100.0%	16 500.1	100.0%	3 068.1	100.0%	144 597.8	100.0%	413 820.9	100.0%
Total, fuentes móviles	13 763.3	39.6%	7 097.5	43.0%	1 058.8	34.5%	124 114.6	85.8%	91 770.8	22.2%
Transporte público	4 180.9	12.0%	2 477.0	15.0%	342.2	11.2%	45 633.4	31.6%	27 464.4	6.6%
Taxis	897.4	2.6%	207.5	1.3%	58.8	1.9%	13 332.4	9.2%	8 455.3	2.0%
Vagonetas	366.6	1.1%	144.6	0.9%	24.3	0.8%	2 998.8	2.1%	1 533.9	0.4%
Microbuses/midibuses	247.9	0.7%	133.9	0.8%	171.0	5.6%	13 062.0	9.0%	15 507.4	3.7%
Autobuses	2 621.3	7.5%	1 964.0	11.9%	87.9	2.9%	15 987.3	11.1%	1 946.0	0.5%
Metrobús/Mexibús	47.7	0.1%	27.0	0.2%	0.2	<0.1%	253.1	0.2%	21.8	<0.1%

Nota: Los totales pueden variar por el redondeo de cifras.

Fuente: *Elaboración propia con base en el Inventario de Emisiones de la ZMVM 2018 (SEDEMA, 2021).*

En la ZMVM también operan sistemas de baja y mediana capacidad, como taxis, vagonetas y microbuses, así como vehículos gestionados por aplicaciones y plataformas tecnológicas (p. ej. Beat, Cabify, DiDi, Uber). La EOD 2017 estima que, de los 34.56 millones de viajes que se realizan en

un día entre semana en la ZMVM, 38.1% usa un colectivo o taxi (sitio o aplicación) en al menos uno de sus tramos, mientras que los sistemas de alta capacidad solo se utilizan en 21.3% de los viajes. Debido a la cantidad de viajes atendidos por estos sistemas, es difícil sustituirlos por com-

pleto con modos de transporte de alta capacidad. Por lo tanto, se requiere un mejoramiento tecnológico y renovación de la flota para mitigar las emisiones del sector.

Por último, la última EOD determinó que solo el 2.1% de los viajeros utilizan la bicicleta para una parte de su trayecto. Resulta fundamental fomentar la movilidad ciclista, ampliando la infraestructura existente, para sustituir viajes que se realizan en modos de transporte motorizados.

En este sentido, se busca contar con un sistema de transporte compuesto por distintos modos complementarios. Esta red de transporte privilegia la caminata, el uso de la bicicleta y el transporte público de bajas emisiones, con la finalidad de aumentar la participación de modos sustentables (transporte público, bicicleta, caminata) al 80% en el reparto modal (de acuerdo con el Plan General de Desarrollo de la Ciudad de México), atendiendo a sectores vulnerables (mujeres, niñas y niños, adultos mayores y personas con discapacidad).

Entidades responsables: Gobierno Federal (SCT), Ciudad de México (SEMOVI) y Estado de México (SEMOV)

Acciones y actividades:

3.1. Renovación tecnológica y electromovilidad del transporte público masivo y de alta capacidad.

Esta acción plantea renovar la flota de transporte público de alta capacidad con tecnologías de menor intensidad de carbono. Para finales de 2030, la mayor parte de las unidades deberán contar con tecnologías de alto desempeño ambiental, como sistemas eléctricos, híbridos o de control de emisiones (estándar EURO VI o EPA 10).

3.1.1 Incrementar la flota de autobuses de transporte público concesionado y de gobierno, con unidades híbridas y eléctricas. La actividad contempla cambios regulatorios locales y programas de chatarrización.

3.1.2 Incrementar el servicio del transporte eléctrico masivo y de alta capacidad. Incluye el desarrollo de nuevas líneas de trenes urbanos, el mantenimiento y ampliación del STC Metro, y nuevas líneas de teleféricos.

3.1.3 Incrementar las unidades de la flota de transporte público de gobierno con mejores tecnologías de control de emisiones. Se basa en la sustitución de unidades con mayor antigüedad por vehículos con mejor desempeño (estándares nacionales 1B, 2B y 1AA, EURO VI, EPA 07 o EPA 10).

3.1.4 Incrementar las unidades de la de flota de transporte público concesionado con mejores tecnologías de control de emisiones. Se busca otorgar beneficios en materia de verificación vehicular, exención en contingencia y ampliación de la temporalidad de su concesión con el fin de incrementar de unidades de transporte con tecnología de control de emisiones.

3.2. Eficiencia energética y electromovilidad en el transporte público de baja y mediana capacidad.

Se reducirán las emisiones del transporte público de baja y mediana capacidad, a través del mejoramiento tecnológico y renovación de unidades, para eliminar los vehículos más contaminantes, reducir la edad promedio de la flota y aumentar la proporción de unidades con tecnología parcial o totalmente eléctrica.

3.2.1 Fomentar la renovación de transporte basado en aplicaciones digitales con unidades híbridas y eléctricas. Implica modificaciones a regulaciones existentes e incentivos locales.

3.2.2 Sustituir taxis que concluyan su vida útil por unidades híbridas y eléctricas. Se contemplan cambios regulatorios que motiven la adquisición de estas unidades.

3.2.3 Establecer lineamientos ambientales y de eficiencia energética para la renovación de concesiones y/o permisos de unidades de baja y mediana capacidad (vagonetas y microbuses). La actividad busca eliminar unidades de mayor antigüedad, a través de cambios regulatorios; la sustitución de unidades se deberá realizar con unidades con tecnologías más limpias.

3.3. Mejoramiento y ampliación de la infraestructura ciclista.

Incluye la renovación y expansión de la infraestructura actual y los servicios relacionados, así como su integración a otras redes de transporte público, para que los viajes en bicicleta aumenten su participación en el reparto modal.

3.3.1 Aumentar la infraestructura vial ciclista.

3.3.2 Desarrollar bici-estacionamientos. La construcción de nuevos bici-estacionamientos se contempla en puntos estratégicos para reforzar la intermodalidad entre la bicicleta y el transporte masivo.

3.3.3 Expandir los sistemas de bicicletas públicas. Se priorizará su expansión y ubicación cerca de estaciones de transporte público de la ZMVM.

Medida 4.

Reducción de emisiones en el sector doméstico⁶

Objetivo: Reducir las emisiones de COV que se generan en el sector doméstico dentro de la ZMVM, mediante la regulación de su contenido en distintos productos de uso doméstico, así como promover el consumo de productos con menor impacto ambiental, el control de fugas de gas L.P. y la disminución general de su consumo.

Justificación: Dentro de las fuentes de área, el uso comercial y doméstico de solventes, y las fugas en instalaciones de gas L.P, representan un aporte del 31.6% y el 20.0% a las emisiones totales de COV, respectivamente (ver Tabla 7.5).

Tabla 7.5 Emisiones de COV en el sector doméstico

Fuente contaminante	Emisiones en 2018 (t/año)	
	COV	Tóxicos
Total, ZMVM	413 820.9 100.0%	122 004.8 100.0%
Total, fuentes de área	271 133.4 65.5%	84 185.2 69.0%
Uso comercial y doméstico de solventes	130 686.6 31.6%	62 413.3 51.2%
<i>Productos de cuidado personal y uso doméstico (a)</i>	89 991.4 21.7%	34 177.9 28.0%
Fugas en instalaciones de gas L.P. (b)	82 763.6 20.0%	N/A -
Hidrocarburos no quemados (HCNQ) en la combustión de gas L.P. (b)	11 200.5 2.7%	1806.3 1.5%

Notas: Los totales pueden variar por el redondeo de cifras.
 (a) Agrupa emisiones de las siguientes categorías: Pintura de tránsito, Plaguicidas domésticos, Productos de consumo doméstico, Productos de cuidado personal, Productos misceláneos, Productos para el cuidado automotriz y Recubrimiento de superficies arquitectónicas. La categoría de Pinturas de tránsito no corresponde al sector doméstico, sin embargo, se incluye en la propuesta de norma de pinturas de la presente medida, por lo que se lista dentro de este sector.
 (b) Incluye emisiones provenientes de otros sectores, como el industrial, comercial y de servicios. Se destaca que la mayoría de las emisiones se generan en el sector doméstico: para Fugas en instalaciones de gas L.P., estas equivalen a 82 498.8 t/año, mientras que para HCNQ en la combustión de gas L.P., las emisiones domésticas equivalen a 3328.6 t/año.

Fuente: *Elaboración propia con base en el Inventario de Emisiones de la ZMVM 2018 (SEDEMA, 2021).*

Aproximadamente 21.7% del total de COV, y 28.0% de los compuestos tóxicos, son emitidos por el uso de productos domésticos, como los recubrimientos arquitectónicos, plaguicidas, productos de aseo personal y cosméticos, entre otros. En México solo se regula el contenido de COV en la fabricación de pinturas (NOM-123-SE-MARNAT-1998), por lo que existe un área de oportunidad para regular otros productos aplicando límites en el contenido de COV.

Por su parte, el gas L.P. es el combustible fósil más utilizado en los hogares de la ZMVM. Las emisiones de COV se asocian a los procesos de combustión en estufas, calentadores de agua y, principalmente, a las fugas de gas en instalaciones, contenedores, accesorios y conexiones a equipos. Estas emisiones en el sector doméstico aportan 85.8 mil toneladas de COV al año (20.7% de las emisiones totales), siendo las fugas la principal fuente.

⁶ Estas acciones en conjunto con la Medida 5, pretenden mejorar la eficiencia energética, para que al año 2040, el 25% del uso de energía provenga de fuentes de energía renovable, primordialmente solar, en línea con el Plan General de Desarrollo de la Ciudad de México.

Entidades responsables: Gobierno Federal (SE, SEMARNAT y CRE), Ciudad de México (SEDEMA y SEDECO) y Estado de México (SMAGEM)

Acciones y actividades:

<p>4.1. Creación del marco regulatorio para la reducción de COV en productos de uso doméstico.</p>	<p>Esta acción busca establecer límites máximos permisibles para el contenido de COV en distintos productos de uso doméstico, y promover el consumo de productos con menor impacto ambiental. El desarrollo y actualización de normas deberá considerar criterios de toxicidad y reactividad de los COV regulados, la revisión de la normativa internacional, la eliminación de sustancias prohibidas y tóxicas, compuestos exentos y factores económicos (p. ej. ventas y costos de productos).</p> <p>4.1.1 Publicar y evaluar la norma que regule el contenido de COV en productos de uso doméstico y de cuidado personal.</p> <p>4.1.2 Desarrollar una norma que regule el contenido de COV en plaguicidas de uso doméstico y productos para el cuidado automotriz.</p> <p>4.1.3 Publicar y evaluar la norma que regule el contenido de COV en recubrimientos arquitectónicos.</p> <p>4.1.4 Promover el consumo de productos de bajo impacto ambiental, a través de campañas de comunicación y sensibilización dirigidas a la ciudadanía.</p>
<p>4.2. Disminución de las emisiones por el uso de gas L.P. en las viviendas.</p>	<p>La acción se centra en reducir el consumo de gas L.P. en viviendas, a través de actividades para el aprovechamiento de energía solar y el ahorro de agua, el uso de gas natural y campañas con la ciudadanía para fomentar el consumo responsable y la disminución de fugas.</p> <p>4.2.1 Incrementar el uso de tecnologías sustentables para disminuir el consumo de agua, así como de gas L.P. para su calentamiento.</p> <p>4.2.2 Promover el consumo responsable y disminuir las fugas de gas L.P. en viviendas, a través de campañas dirigidas a la ciudadanía.</p> <p>4.2.3 Fomentar el uso de gas natural en el sector doméstico, a través de la ampliación de la red de gas natural en la ZMVM.</p>

Medida 5. Disminución de emisiones provenientes del gas L.P. en los sectores industrial, comercial y de servicios

Objetivo: Reducir las emisiones contaminantes de COV por la distribución, almacenamiento y uso de gas L.P. en establecimientos industriales, comerciales y de servicios, a través cambios normativos, esquemas de autorregulación, tecnología solar y combustibles de menor impacto ambiental.

Justificación: La distribución de gas L.P. y su posterior consumo en distintas actividades productivas genera emisiones significativas de COV en la ZMVM (ver Tabla 7.6). Durante las actividades de carga, almacenamiento y descarga de combustible en plantas de distribución y estaciones de carburación, se emiten cantidades significativas de COV. Una vez que el combustible es distribuido a los establecimientos (p. ej. con pipas o cilindros), se registran emisiones durante la combustión industrial y comercial-institucional. Asimismo, en estos establecimientos se registran emisiones por fugas de gas L.P. e hidrocarburos no quemados (HCNQ).

Existen distintas normas oficiales que regulan el diseño, construcción y condiciones de operación de plantas de distribución y estaciones de

carburación, así como las condiciones de seguridad, operación y mantenimiento de los vehículos de transporte y distribución de gas L.P. Por otra parte, existen normas mexicanas que establecen las características de las válvulas para la carga y descarga de combustibles a tanques de almacenamiento, autotanques y semirremolques. No obstante, estas últimas no son obligatorias para todos los puntos de trasiego, aun cuando este tipo de válvulas ya se comercializan y cuentan con diferentes grados de eficiencia. Por lo anterior, es necesario incorporar el uso de tecnologías que permiten reducir emisiones por fugas de gas L.P., como los dispositivos de desconexión de bajas emisiones o de “desconexión seca”, e implementar buenas prácticas que permitan mejorar el funcionamiento de equipos y prevenir fugas. Por otro lado, y en concordancia con la actual necesidad de lograr la sostenibilidad energética en las ciudades, se considera de utilidad promover la eficiencia energética y disminuir el consumo del gas L.P. Esto se puede lograr a través del aprovechamiento de la energía solar, o su sustitución por gas natural.

Tabla 7.6 Emisiones de COV por el uso de gas L.P. en los sectores industrial, comercial y de servicios

Fuente contaminante	Emisiones en 2018 (t/año)	
	COV	
Total, ZMVM	413 820.9	100.0%
Total, fuentes de área	271 133.4	65.5%
Distribución y almacenamiento de gas L.P.	4328.5	1.1%
Fugas en instalaciones de gas L.P. (a)	82 763.6	20.0%
Hidrocarburos no quemados (HCNQ) en la combustión de gas L.P. (a)	11 200.5	2.7%

Notas: Los totales pueden variar por el redondeo de cifras.

a) Incluye emisiones provenientes de otros sectores, como el doméstico. Respecto de los sectores industrial, comercial y de servicios, las fugas ascienden a 264.8 toneladas/año y para HCNQ en la combustión de gas L.P. las emisiones son iguales a 7560.1 t/año.

Fuente: *Elaboración propia con base en el Inventario de Emisiones de la ZMVM 2018 (SEDEMA, 2021).*

Entidades responsables: Gobierno Federal (ASEA y CRE), Ciudad de México (SEDEMA y SEDECO) y Estado de México (SMAGEM y IEECC)

Acciones y actividades:

5.1. Disminución de las emisiones de COV durante el almacenamiento y distribución de gas L.P.

Esta acción pretende reducir las emisiones asociadas al desacoplamiento por carga y descarga de combustible en las plantas de distribución, estaciones de carburación y operaciones de trasiego durante la distribución de gas L.P., a través de la actualización de la normatividad aplicable, considerando el uso de dispositivos de desconexión de bajas emisiones, también denominadas “válvulas de desconexión seca”, en todos los puntos y actividades de trasiego de combustible, y estableciendo un volumen máximo de emisión por desacoplamiento.

5.1.1 Actualizar la NOM-001-SESH-2014, Plantas de distribución de Gas L.P. Diseño, construcción y condiciones seguras en su operación, incluyendo el uso de tecnologías para la reducción de fugas de combustible durante el trasiego.

5.1.2 Actualizar la NOM-003-SESG-2004, Estaciones de Gas L.P. para carburación. Diseño y construcción, incluyendo el uso de tecnologías para la reducción de fugas de combustible durante el trasiego.

5.1.3 Actualizar la NOM-007-SESH-2010, Vehículos para el transporte y distribución de Gas L.P. Condiciones de seguridad, operación y mantenimiento, contemplando la reducción de fugas de combustible durante el trasiego.

5.2. Reducción de emisiones por consumo de gas L.P. en los sectores industrial, comercial y de servicios.

Para reducir emisiones, se propone fomentar tecnologías que aprovechen la energía solar y el uso de gas natural en el sector. También se plantea establecer esquemas de autorregulación para plantas de distribución, estaciones de carburación y unidades vehiculares que transportan gas L.P.

5.2.1 Incrementar el uso de tecnologías de aprovechamiento de energía solar para calentamiento de agua en la industria, comercios y servicios. Se considera el uso de instrumentos regulatorios, campañas de apoyo y subsidios para la adquisición de calentadores solares.

5.2.2 Fomentar el uso de gas natural en el sector industrial, comercial y de servicios, a través de la ampliación de la red de gas natural en la ZMVM.

5.2.3 Establecer esquemas de autorregulación para plantas de distribución, estaciones de carburación y unidades vehiculares que transportan gas LP, con la finalidad de promover la instalación de tecnologías para la reducción de emisiones en la desconexión.

Medida 6. Reducción de emisiones generadas por el tránsito en vialidades

Objetivo: Reducir la emisión de partículas que se generan por el paso de vehículos sobre las vialidades pavimentadas y no pavimentadas.

Justificación: La circulación de vehículos en vialidades pavimentadas y no pavimentadas da lugar a la emisión de partículas fugitivas, siendo esta una de las principales fuentes no combustivas de PM₁₀ y PM_{2.5}. Estas emisiones se atribuyen a las partículas que son arrastradas y re-suspendidas por el rodamiento de las llantas y por la turbulencia que se produce en la superficie del camino después de que el vehículo ha pasado. En

2018, el tránsito sobre vialidades contribuyó con 24.3% de las emisiones totales de PM₁₀, 10.0% de PM_{2.5} y 5.4% de carbono negro, como se muestra en la Tabla 7.7. Las emisiones de vialidades pavimentadas se generan básicamente por la cantidad de kilómetros que se recorren sobre estas. Asimismo, para mitigar las emisiones en vialidades desprovistas de cubierta, se puede incrementar la superficie de pavimentación, repavimentar vialidades deterioradas y dar mantenimiento y limpieza a la red vial, ya sea con barredoras mecánicas de succión o húmedas, o a través del barrido manual en húmedo.

Tabla 7.7 Emisiones de COV en el sector doméstico

Fuente contaminante	Emisiones en 2018 (t/año)					
	PM ₁₀		PM _{2.5}		Carbono negro	
Total, ZMVM	34 779.5	100.0%	16 500.1	100.0%	2 615.3	100.0%
Total, fuentes de área	15 385.4	44.2%	5 906.1	35.8%	554.7	21.2%
Vialidades pavimentadas	5 725.9	16.5%	1 381.9	8.4%	126.7	4.8%
Vialidades sin pavimentar	2 732.0	7.9%	272.7	1.7%	13.7	0.5%

Nota: Los totales pueden variar por el redondeo de cifras.

Fuente: Elaboración propia con base en el Inventario de Emisiones de la ZMVM 2018 (SEDEMA, 2021).

Entidades responsables: Ciudad de México (SOBSE) y Estado de México (Secretaría de Movilidad y SEDUO)

Acciones y actividades:

6.1. Limpieza de vialidades.

La acción tiene como objetivo reducir la emisión de partículas en vialidades, a través de actividades de pavimentación y repavimentación, considerando criterios para el uso de materiales sustentables y reciclados. También se requiere del barrido eficiente en las vialidades con mayor tránsito vehicular, de forma que se eliminen las partículas constantemente y evitar su re-suspensión.

6.1.1 Elaborar un programa de pavimentación y mantenimiento de vialidades de mayor alcance.

6.1.2 Ejecutar acciones de conservación y mantenimiento permanente en los pavimentos de la red vial primaria.

6.1.3 Ejecutar acciones de pavimentación en vialidades sin pavimentar.

6.1.4 Eficientar e incrementar el barrido húmedo de vialidades de mayor tránsito.

Medida 7.

Fomento de buenas prácticas en la labranza y cosecha agrícola para la reducción de emisiones

Objetivo: Disminuir las emisiones de partículas generadas por actividades agrícolas dentro de la ZMVM, a través de buenas prácticas en la labranza y cosecha.

Justificación: El 39.8% de la superficie de la ZMVM, esto es 3134 km², corresponde a tierras agrícolas, de la cual aproximadamente una quinta parte es utilizada para agricultura de temporal y el resto para agricultura de riego. Las actividades del sector primario son una de las fuentes de emisiones contaminantes en la región. En específico, las actividades agrícolas levantan polvo durante la preparación del suelo para la siembra (labranza) y la cosecha, debido al movimiento de tierra y uso de maquinaria agrícola. También contribu-

yen a las emisiones de partículas y otros gases de combustión, las quemas agrícolas (p. ej. prácticas de roza y quema) e incendios accidentales. Por otro lado, la aplicación de fertilizantes nitrogenados genera amoníaco y óxido nitroso, mientras que el uso de plaguicidas se asocia a la liberación de COV y compuestos tóxicos. En este contexto, las actividades de labranza y cosecha tienen el mayor impacto de las actividades agrícolas en las emisiones de partículas, con un aporte del 7.6% para PM₁₀ y 3.6% para PM_{2.5}, como se muestra en la Tabla 7.8. Las otras actividades agrícolas tienen un impacto poco significativo en las emisiones totales; sin embargo, en días de alta contaminación, estas emisiones pueden ser de gran impacto a nivel local.

Tabla 7.8 Emisiones de partículas por actividades de labranza y cosecha

Fuente contaminante	Emisiones en 2018 (t/año)	
	PM ₁₀	PM _{2.5}
Total, ZMVM	34 779.5 100.0%	16 500.1 100.0%
Total, fuentes de área	15 385.4 44.2%	5906.1 35.8%
Labranza y cosecha	2655.5 7.6%	590.1 3.6%
Quemas agrícolas	30.6 0.1%	28.0 0.2%

Nota: Los totales pueden variar por el redondeo de cifras.

Fuente: *Elaboración propia con base en el Inventario de Emisiones de la ZMVM 2018 (SEDEMA, 2021).*

Entidades responsables: Gobierno Federal (SADER), Ciudad de México (SEDEMA), Estado de México (SMAGEM) y Estado de Hidalgo (SEMARNATH)

Acciones y actividades:

7.1. Control de emisiones agrícolas.

La acción tiene como objetivo disminuir las emisiones de PM₁₀ y PM_{2.5} generadas por las actividades productivas de agricultura, las cuales levantan polvo por el movimiento de tierra para la preparación del suelo, la aplicación de fertilizantes y el uso de maquinaria agrícola.

7.1.1 Fomentar las buenas prácticas en la labranza y cosecha agrícola. Incluye capacitaciones y demostraciones en unidades de producción, para el desarrollo de sistemas productivos agroecológicos y prácticas sustentables de “corta, pica y reincorpora” (en lugar de “roza, tumba y quema”). También contempla mecanismos para limitar y organizar el uso de fuego en quemas agropecuarias durante los periodos o épocas que registran altos niveles de partículas.

Medida 8.**Control de emisiones generadas por las actividades industriales**

Objetivo: Reducir las emisiones contaminantes provenientes del sector industrial, mediante la creación o actualización de instrumentos regulatorios y el uso de tecnologías de control de emisiones.

Justificación: El sector industrial de la ZMVM contribuye con casi una tercera parte de las emi-

siones anuales de SO₂ y el 13% de las emisiones totales de PM_{2.5}, además de aportar significativamente a la emisión de otros contaminantes como PM₁₀, NO_x, COV y compuestos tóxicos (ver Tabla 7.9). Del mismo modo, se destaca la contribución en carbono negro (5.9%) y CO₂eq (14.4%), principalmente por la quema de combustibles fósiles.

Tabla 7.9 Emisiones de contaminantes en el sector industrial

Fuente contaminante	Emisiones en 2018 (t/año)						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	NO _x	COV	Tóxicos	
Total, ZMVM	34 779.5 100.0%	16 500.1 100.0%	3068.1 100.0%	144 597.8 100.0%	413 820.9 100.0%	122 004.8 100.0%	
Total, fuentes puntuales	4184.2 12.0%	3174.4 19.2%	1018.5 33.2%	9506.2 6.6%	19 002.6 4.6%	8550.5 7.0%	
Sector industrial (a)	3172.9 9.1%	2173.3 13.2%	930.1 30.3%	6277.8 4.3%	17 822.9 4.3%	8117.5 6.7%	
<i>Fabricación de productos a base de minerales no metálicos</i>	459.8 1.3%	289.6 1.8%	540.1 17.6%	2183.6 1.5%	74.4 <0.1%	44.3 <0.1%	
<i>Industrias metálicas básicas</i>	1102.5 3.2%	779.0 4.7%	98.4 3.2%	253.0 0.2%	266.8 0.1%	528.4 0.4%	
<i>Industria del papel</i>	369.2 1.1%	305.2 1.8%	168.8 5.5%	967.7 0.7%	1181.2 0.3%	382.8 0.3%	
<i>Impresión e industrias conexas</i>	17.5 0.1%	13.8 0.1%	0.9 <0.1%	33.3 <0.1%	7416.7 1.8%	2335.7 1.9%	

Notas: Los totales pueden variar por el redondeo de cifras.

(a) Incluye todas las fuentes puntuales excepto las categorías de: Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica; Minería de materiales metálicos y no metálicos, excepto petróleo y gas; Comercios y servicios regulados; y Almacenamiento de combustibles líquidos.

Fuente: *Elaboración propia con base en el Inventario de Emisiones de la ZMVM 2018 (SEDEMA, 2021).*

Se detectan sectores prioritarios para la reducción de emisiones de partículas, que son la fabricación de productos a base de minerales no metálicos (en específico, la fabricación de cemento, concreto y vidrio) y la industria metálica básica (principalmente la industria siderúrgica y del aluminio). Considerando que las actividades de estos sectores son específicas y diferenciadas, es necesario identificar las condiciones actuales de

estas industrias, puntos de generación de partículas y las tecnologías actuales de control, con la finalidad de generar información para la actualización de las normas vigentes y promover que las empresas que aportan más emisiones ingresen a un proceso de auditoría ambiental, aplicando esquemas de reducción de emisiones, y mejorando la eficiencia de sus procesos de producción y su desempeño ambiental.

Las emisiones de partículas también son generadas en otras industrias por equipos de combustión, así como por procesos productivos. Si bien existe la regulación específica para algunos de estos procesos, la normatividad para la mayoría de los sectores es antigua y los límites establecidos son laxos. La Ciudad de México ha elaborado normas para atender industrias de competencia local o complementar la normatividad federal. No obstante, dado que la ZMVM comprende otros estados, es necesaria la homologación o adopción de esta normatividad en el Estado de México.

Por otro lado, la generación de COV y compuestos tóxicos se asocia a la impresión e industrias conexas, la industria química y de forma general, por el uso de solventes para distintas actividades. Dada la variedad de procesos y sustancias empleadas en el sector industrial, es recomendable trabajar en la homologación de instrumentos a nivel local y a ni-

vel federal, para apoyar en la disminución de COV y de compuestos tóxicos de manera paralela.

Por último, la contaminación por SO₂ se asocia principalmente a la industria del cemento (fabricación de productos a base de minerales no metálicos) y el papel. Considerando que la calidad del combustible usado en la ZMVM repercute en el volumen de emisiones contaminantes, resulta relevante vigilar tanto la distribución de combustibles con bajo contenido de azufre para mitigar las emisiones de este contaminante como el cumplimiento de la normatividad que regula su calidad, además de ampliar los municipios de la ZMVM considerados para la distribución de combustibles de alta calidad. Se destaca que la calidad de los combustibles también incide en otros sectores, particularmente en la generación de electricidad, que contribuye significativamente a las emisiones de partículas y carbono negro.

Entidades responsables: Gobierno Federal (SEMARNAT, CRE y PROFEPA), Ciudad de México (SEDEMA) y Estado de México (SMAGEM)

Acciones y actividades:

8.1. Marco regulatorio para la reducción de COV, partículas, tóxicos y gases de combustión.

Actualizar el marco normativo aplicable al sector industrial de la ZMVM, así como su correcta vigilancia, permitirá controlar la emisión de contaminantes. Estas actualizaciones buscan ampliar el alcance de las actividades reguladas, así como establecer límites máximos permisibles más estrictos y diferenciados por sector, equipo o proceso, con base en las tecnologías de control disponibles y la definición de los métodos de medición.

8.1.1 Actualizar la NOM-085-SEMARNAT-2011 de equipos de combustión de calentamiento indirecto en el sector industrial.

8.1.2 Actualizar la NOM-043-SEMARNAT-1993 de partículas, estableciendo límites máximos de emisión más estrictos.

8.1.3 Actualizar la NOM-040-SEMARNAT-2002 de emisiones en la fabricación del cemento para ampliar el alcance de las actividades reguladas.

8.1.4 Actualizar la NADF-021-AMBT-2011 que regula las emisiones de partículas en concreteras y homologar la regulación en el Estado de México.

8.2. Reducción de la emisión de partículas en los sectores industriales de mayor contribución.

8.1.5 Homologar la norma NADF-011-AMBT-2018⁷ para su aplicación en el Estado de México y crear una norma para regular las emisiones de COV en las fuentes fijas de competencia federal.

8.1.6 Homologar la norma NADF-016-AMBT-2016 para su aplicación en el Estado de México. Esta norma establece límites de emisión para equipos de combustión de calentamiento indirecto de 5 cc (176.5 MJ/h) hasta 15 cc (529.5 MJ/h).

8.1.7 Vigilar que el combustible industrial distribuido en la ZMVM cumpla con la calidad establecida en la NOM-016-CRE-2016. Se propone también una actualización a la NOM para incluir a los 59 municipios del Estado de México y al municipio de Tizayuca en la delimitación de la ZMVM.

Esta acción se enfoca en reducir las emisiones de partículas generadas en tres giros prioritarios (industria metalúrgica del aluminio, industria siderúrgica e industria de fabricación de vidrio). Se propone homologar los criterios de auditoría ambiental a nivel federal y local, así como generar información del sector, a través de la inspección y vigilancia, con la finalidad de identificar puntos de generación de partículas y si se cuenta con sistemas de control, así como desarrollar esquemas de reducción de emisiones (auditoría ambiental, creación de convenios, incentivos fiscales y/o ambientales) con el fin de mejorar los procesos productivos con tecnologías de control más eficientes. Estos esquemas deben ser específicos de la empresa a regular, por lo que aquí no se definen acciones puntuales.

8.2.1 Establecer acciones de reducción de contaminantes en la industria metalúrgica del aluminio.

8.2.2 Establecer acciones de reducción de contaminantes en la industria siderúrgica.

8.2.3 Establecer acciones de reducción de contaminantes en la industria de fabricación de vidrio.

Medida 9.

Reducción de las emisiones asociadas a la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica

Objetivo: Reducir las emisiones contaminantes de partículas finas, NO_x y carbono negro en la generación de energía eléctrica, mediante la creación de instrumentos regulatorios y el uso de tecnologías de control de emisiones.

Justificación: El consumo de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica genera emisiones de contaminantes atmosféricos, así como gases y compuestos de efecto invernadero. Dentro de la ZMVM se localizan 19 empresas de este sector, que aportan 5.6% del total de partículas PM_{2.5}, 13.5% del carbono negro y 4.0% del CO₂eq (ver Tabla 7.10).

Para reducir emisiones en este sector, es necesario, en primer lugar, establecer límites de emisión y, posteriormente, ejecutar actividades de

monitoreo continuo. Por otra parte, los establecimientos industriales, comerciales y de servicios pueden contar con plantas generadoras de energía eléctrica de emergencia (PGEEE) para atender fallas en el sistema eléctrico. Estas plantas operan principalmente a base de diésel, y suelen no contar con tecnologías o sistemas para el control de emisiones. Actualmente, las PGEEE de cualquier capacidad, que sean destinadas exclusivamente al uso propio en emergencias o interrupciones en el suministro eléctrico, no requieren permiso, por lo que tampoco hay registros de los equipos ni de las condiciones de operación. En este contexto, integrar un padrón de equipos, así como establecer especificaciones mínimas de operación y mantenimiento, o incluso regulaciones a nivel nacional, contribuiría a controlar las emisiones.

Tabla 7.10 Emisiones de contaminantes por la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica

Fuente contaminante	Emisiones en 2018 (t/año)									
	PM ₁₀		PM _{2.5}		NO _x		CO ₂ eq		Carbono negro	
Total, ZMVM	34 779.5	100.0%	16 500.1	100.0%	144 597.8	100.0%	75 165 506.7	100.0%	2615.3	100.0%
Total, fuentes puntuales	4184.2	12.0%	3174.4	19.2%	9506.2	6.6%	14 239 552.0	18.9%	534.2	20.4%
Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica	918.4	2.6%	918.3	5.6%	2841.9	2.0%	3 019 602.6	4.0%	352.6	13.5%

Nota: Los totales pueden variar por el redondeo de cifras.

Fuente: *Elaboración propia con base en el Inventario de Emisiones de la ZMVM 2018 (SEDEMA, 2021).*

Entidades responsables: Gobierno Federal (SEMARNAT, ASEA, SENER y SAT), Ciudad de México (SEDEMA) y Estado de México (SMAGEM)

⁷ Que establece los criterios para la reducción de las emisiones a la atmósfera de COV emitidos por fuentes puntuales de competencia de la Ciudad de México.

Acciones y actividades:

9.1. Reducción de las emisiones de contaminantes asociadas a la generación de electricidad.

La acción busca la reducción de emisiones a través de regulaciones sobre las emisiones y la operación de los procesos y equipos que las generan.

9.1.1 Establecer el monitoreo continuo de las emisiones del sistema de generación eléctrica, para el cumplimiento de normas. Contempla la publicación de la NOM-168-SEMARNAT-ASEA-2016 “Niveles máximos permisibles de emisión provenientes de turbinas de gas, a ciclo abierto o ciclo combinado, aeroderivadas y su medición”, misma que establece el monitoreo continuo de algunos contaminantes, así como el establecimiento de un sistema de seguimiento de la norma para la revisión y evaluación de registros.

9.1.2. Establecer un registro de las plantas generadoras de energía eléctrica de emergencia (PGEEE) y desarrollar lineamientos de operación.

Medida 10.

Mitigación de emisiones por quema a cielo abierto de residuos

Objetivo: Reducir las emisiones provenientes de la quema a cielo abierto y de residuos no gestionados para mejorar la calidad del aire y disminuir la exposición de la población a contaminantes.

La calidad de estos es un objetivo primordial para la protección del ambiente y de la salud de la población; no obstante, se pueden realizar mejoras en los sistemas de recolección para que la población no recurra a la quema de residuos, así como a su disposición en tiraderos clandestinos, actividades que generan contaminantes atmosféricos en las cantidades estimadas y mostradas en la Tabla 7.11. Se destaca el aporte a partículas, carbono negro y compuestos tóxicos por la quema a cielo abierto de residuos, así como las emisiones de metano por la descomposición de RSU no gestionados.

Justificación: En 2018 se recolectaron más de 13 mil toneladas diarias de residuos sólidos en la Ciudad de México, en tanto que en los 59 municipios del Estado de México y Tizayuca, Hidalgo, se estimó una generación de casi 12 mil y 113 toneladas al día, respectivamente. Reducir la generación de residuos sólidos urbanos (RSU) y recolectar la to-

Tabla 7.11 Emisiones de contaminantes por la quema a cielo abierto de residuos

Fuente contaminante	Emisiones en 2018 (t/año)					
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	Carbono negro	Tóxicos	CH ₄
Total, ZMVM	34 779.5 100.0%	16 500.1 100.0%	3 068.1 100.0%	2 615.3 100.0%	122 004.8 100.0%	295 699.8 100.0%
Total, fuentes de área	15 385.4 44.2%	5 906.1 35.8%	990.7 32.3%	554.7 21.2%	84 185.2 69.0%	290 798.3 98.3%
Quema a cielo abierto	1 884.0 5.4%	1 786.4 10.8%	111.6 3.6%	134.0 5.1%	3 850.4 3.2%	886.5 0.3%
Residuos sólidos no gestionados	NA -	NA -	NA -	NA -	NA -	6 310.6 2.1%

Nota: Los totales pueden variar por el redondeo de cifras.

Fuente: *Elaboración propia con base en el Inventario de Emisiones de la ZMVM 2018 (SEDEMA, 2021).*

Entidades responsables: Ciudad de México (SEDEMA y SOBSE), Estado de México (SMAGEM) y Estado de Hidalgo (SEMARNATH)

Acciones y actividades:

10.1. Reducción de emisiones por quema a cielo abierto y residuos no gestionados.

Esta acción propone reducir las emisiones provenientes de la quema a cielo abierto y residuos no gestionados a través de mejoras en la logística de recolección, el fortalecimiento de la vigilancia y la cultura ambiental en la ZMVM.

10.1.1 Incrementar la recolección de RSU para evitar la quema a cielo abierto y los tiraderos clandestinos. Implica mejoras en la logística para incrementar la frecuencia y eficiencia de los servicios de recolección.

10.1.2 Vigilar e impulsar la cultura ambiental para reducir la disposición inadecuada de RSU.

Medida 11.**Mejora de la gestión de los residuos sólidos para reducir las emisiones del sector**

Objetivo: Controlar las emisiones de gases contaminantes mediante la reducción de la cantidad de RSU⁸ enviados a sitios de disposición final, así como por el tratamiento y aprovechamiento de nuevas tecnologías.

Justificación: En la ZMVM se generan al día más de 25 mil toneladas de RSU. La infraestructura para el manejo de los residuos varía por entidad y se estima que, de la generación total de residuos, entre el 60% y 90% son enviados a sitios

de disposición final (SDF). No obstante, también se registran actividades de compostaje, reciclaje y uso como combustibles alternos. La Tabla 7.12 muestra las principales emisiones generadas en SDF⁹ y por el compostaje (tratamiento biológico). Por lo tanto, resulta necesario incrementar la separación, el reciclaje, el uso de nuevas tecnologías y la implementación de programas para el tratamiento y aprovechamiento de los RSU, sin perder de vista estrategias de reducción en la fuente.

Tabla 7.12 Emisiones de contaminantes por la gestión de residuos sólidos urbanos

Fuente contaminante	Emisiones en 2018 (t/año)			
	COV	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq
Total, ZMVM	413 820.9 100.0%	295 699.8 100.0%	2544.1 100.0%	75 165 506.7 100.0%
Total, fuentes de área	271 133.4 65.5%	290 798.3 98.3%	879.9 34.6%	17 069 895.0 22.7%
Rellenos sanitarios	5081.4 1.2%	206 778.0 69.9%	<0.1 NS	5 799 729.5 7.7%
Tratamiento biológico de residuos	1270.1 0.3%	2069.7 0.7%	170.1 6.7%	103 029.8 0.1%

Nota: Los totales pueden variar por el redondeo de cifras.

Fuente: *Elaboración propia con base en el Inventario de Emisiones de la ZMVM 2018 (SEDEMA, 2021).*

Entidades responsables: Ciudad de México (SEDEMA y SOBSE) y Estado de México (SMAGEM)

Acciones y actividades:**11.1. Tratamiento y aprovechamiento de residuos sólidos urbanos.**

Esta acción se enfoca en controlar las emisiones provenientes de la gestión y disposición de RSU, mediante la reducción de la cantidad de residuos enviados a sitios de disposición final y su aprovechamiento con nuevas tecnologías.

11.1.1 Fortalecer la separación de RSU para reducir las toneladas de residuos enviados a sitios de disposición final, a través de tratamientos alternativos y reciclaje.

11.1.2 Aprovechar las emisiones de biogás generado en sitios de disposición final de RSU.

⁸ El Plan General de Desarrollo de la Ciudad de México establece como meta a futuro que el 100% de los residuos urbanos se aprovechan sustentablemente a través de establecer estímulos, adoptar programas de aprovechamiento sustentable con la participación de la iniciativa privada para instalar nuevas tecnologías, incorporar programas de participación ciudadana para una mejor y mayor separación de los residuos, desde la fuente, que facilite la calidad y procesamiento de los residuos sólidos.

⁹ El Inventario de Emisiones consideró once rellenos sanitarios en 2018.

Medida 12.**Mejora de la gestión de aguas residuales tratadas y no tratadas para la reducción de emisiones**

Objetivo: Reducir emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero generados por las aguas residuales¹⁰.

Justificación: De acuerdo con datos de la Comisión Nacional del Agua, el Sistema de Aguas de la

Ciudad de México y la Comisión del Agua del Estado de México, solo un 13% de las aguas residuales recibe tratamiento después de utilizarse. Esto contribuye a la contaminación del aire y al calentamiento global, tal como se observa en las estimaciones del inventario de emisiones (ver Tabla 7.13).

Tabla 7.13 Emisiones de contaminantes por la gestión y tratamiento de aguas residuales

Fuente contaminante	Emisiones en 2018 (t/año)				
	COV	Tóxicos	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq
Total, ZMVM	413 820.9 100.0%	122 004.8 100.0%	295 699.8 100.0%	2544.1 100.0%	75 165 506.7 100.0%
Total, fuentes de área	271 133.4 65.5%	84 185.2 69.0%	290 798.3 98.3%	879.9 34.6%	17 069 895.0 22.7%
Aguas residuales no tratadas	15 920.4 3.8%	8 624.7 7.1%	37 154.3 12.6%	228.0 9.0%	1 100 732.5 1.5%
Tratamiento de aguas residuales	2 097.5 0.5%	1 136.3 0.9%	18 982.0 6.4%	NA -	531 497.3 0.7%

Nota: Los totales pueden variar por el redondeo de cifras.

Fuente: *Elaboración propia con base en el Inventario de Emisiones de la ZMVM 2018 (SEDEMA, 2021).*

Para reducir estas emisiones, es necesario disminuir el volumen de aguas residuales que se generan en la ZMVM, y eficientar su tratamiento. Asimismo, se requiere incrementar y rehabilitar la

infraestructura para el tratamiento de agua residual. Esto permitirá a largo plazo aprovechar las aguas residuales y pluviales.

Entidades responsables: Ciudad de México (SACMEX y SEDEMA) y Estado de México (CAEM y SMAGEM)

Acciones y actividades:**12.1. Tratamiento y reúso de agua residual.**

Esta acción se enfoca en reducir emisiones generadas por el tratamiento de las aguas residuales, mediante la rehabilitación de infraestructura, campañas de sensibilización, e incentivos y programas que permitan reducir la crisis hídrica en la ZMVM.

12.1.1 Incrementar y rehabilitar la infraestructura hidráulica. Se enfoca en la infraestructura para el tratamiento de aguas.

¹⁰ Esta medida coadyuvará a que, a largo plazo, al menos el 50% de las aguas residuales reciban un tratamiento y sean reutilizadas, de acuerdo con las metas del Plan General de Desarrollo de la Ciudad de México.

12.1.2 Fomentar la cultura hídrica. Esta actividad considera campañas de sensibilización para modificar patrones conductuales y reducir el consumo de la población, así como el aprovechamiento del agua de lluvia.

12.1.3 Fomentar el uso y tratamiento de aguas residuales. Implica incrementar el volumen de agua residual que recibe tratamiento y fomentar el uso del agua tratada en los sectores comercial, industrial y agrícola.

Medida 13. Control de emisiones en fuentes naturales

Objetivo: Reducir las emisiones provenientes de fuentes naturales, en específico la generación de partículas suspendidas por la erosión eólica del suelo y por los incendios forestales.

al aumento en el número de viviendas y los asentamientos humanos irregulares, entre otras causas. Al estar el suelo desprovisto de vegetación, se favorece el fenómeno de la erosión eólica y la suspensión de partículas. Aunado a esto, las condiciones meteorológicas y diversas actividades agrícolas, pecuarias, industriales, de urbanización y de sobreexplotación de la vegetación propias de los habitantes, acentúan este fenómeno, que contribuye con 4.2% de las emisiones totales de PM₁₀ (ver Tabla 7.14).

Justificación: En la ZMVM, aproximadamente un cuarto de la superficie total corresponde a suelo forestal y áreas verdes urbanas. La pérdida y deterioro de esta cobertura afecta negativamente la calidad del aire; la degradación del suelo continúa debido al incremento del desarrollo urbano,

Tabla 7.14 Emisiones de contaminantes por fuentes naturales

Fuente contaminante	Emisiones en 2018 (t/año)			
	PM ₁₀		PM _{2.5}	
Total, ZMVM	34 779.5	100.0%	16 500.1	100.0%
Total, fuentes de área	15 385.4	44.2%	5906.1	35.8%
Incendios forestales	79.0	0.2%	66.9	0.4%
Total, vegetación y suelos	1446.6	4.2%	322.1	2.0%
Erosión eólica del suelo	1446.6	4.2%	322.1	2.0%

Nota: Los totales pueden variar por el redondeo de cifras.

Fuente: *Elaboración propia con base en el Inventario de Emisiones de la ZMVM 2018 (SEDEMA, 2021).*

Por otro lado, los incendios forestales, en su mayoría provocados por actividades antropogénicas (p. ej. vandálicas y agropecuarias) son eventos que emiten cantidades importantes de contaminantes

como CO, NO_x y partículas suspendidas. Si bien los incendios no tienen un aporte significativo al total de emisiones, sí pueden tener una contribución muy alta en algunos días del año, agravando nota-

blemente la calidad del aire. Asimismo, la erradicación y control de los incendios forestales resulta relevante por la afectación a bosques, dado que la

pérdida de vegetación expone al suelo a la erosión y se pierden otros servicios ecosistémicos.

Entidades responsables: Gobierno Federal (CONAFOR, SADER, SEMARNAT y PROFEPA), Ciudad de México (SEDEMA), Estado de México (PROBOSQUE y SMAGEM) y Estado de Hidalgo (SEMARNATH)

Acciones y actividades:

13.1. Mejora de la capacidad de manejo del fuego.

Esta acción se enfoca en evitar eventos de elevada concentración por partículas derivadas de incendios forestales, mediante el fortalecimiento de las capacidades institucionales, equipamiento y tecnología para prevenir, detectar y controlar los incendios forestales.

13.1.1 Fortalecer las capacidades de combate a incendios. Esta actividad comprende capacitaciones a instancias responsables para actuar en eventos de incendios, así como mejoras en el equipamiento y sistemas de detección temprana. Asimismo, contempla la realización de un estudio diagnóstico para la mejora de los programas de incendios forestales.

13.1.2 Realizar campañas de concientización y vigilancia para prevenir incendios forestales.

13.2. Control de partículas fugitivas.

Se busca reducir la pérdida de cubierta vegetal en suelo urbano y forestal, con la finalidad de controlar la erosión eólica en suelos desprovistos de vegetación. La acción incluye actividades para identificar espacios susceptibles a la pérdida de vegetación y restaurar suelos forestales y áreas verdes urbanas (AVU).

13.2.1 Realizar un estudio de identificación de zonas susceptibles de pérdida de vegetación. La finalidad es reorientar programas para reducir las superficies detectadas como erosionadas.

13.2.2 Controlar la emisión de partículas fugitivas en zonas desprovistas de vegetación y susceptibles de erosión eólica en AVU. Se contempla la reforestación de estos sitios con ejemplares que tengan potencial de captura de partículas para incrementar los servicios ambientales que recibe la ciudadanía.

13.2.3 Controlar las emisiones de partículas fugitivas en zonas desprovistas de vegetación y susceptibles de erosión eólica en suelo forestal o con clasificación de valor ambiental. Esta actividad se orienta hacia actividades de reforestación.

Medida 14.**Reducción de emisiones en fuentes misceláneas**

Objetivo: Reducir las emisiones provenientes de fuentes de área misceláneas dentro de la ZMVM, principalmente a través de instrumentos regulatorios, cambios normativos y actividades de monitoreo y vigilancia.

Justificación: Dentro de las fuentes de área, es posible encontrar actividades emisoras misceláneas que se realizan cotidianamente y que no es posible agrupar en otras medidas. Por lo tanto, se plantea una medida separada que atienda a esta diversidad de fuentes significativas. Las fuentes específicas que se consideran en esta medida son:

- Emisiones de COV por la actividad de repintado automotriz, que genera emisiones no controladas de COV y compuestos tóxicos por el consumo de pinturas y solventes. Esta actividad se desarrolla principalmente en pequeños establecimientos y en vía pública, sin ningún control de emisiones. Considerando la complejidad para regular y vigilar la actividad en vía pública, se buscará crear una nueva norma que regule el contenido de COV en las pinturas y recubrimientos utilizados.
- Emisiones de COV durante la limpieza y recubrimiento de superficies industriales. El consumo de recubrimientos y limpiadores genera emisiones fugitivas de COV y com-

puestos tóxicos, y actualmente no existen límites normados que regulen su contenido en este tipo de productos.

- Emisiones provenientes de maquinaria agrícola y de construcción. La combustión, principalmente de diésel, genera altas emisiones de partículas finas. México no cuenta con una norma que regule las emisiones de escape de la maquinaria, ya sea nueva, usada o de importación, por lo que resulta necesario regular tanto el registro de las unidades como el uso de tecnologías de control de emisiones.
- Emisiones de COV durante la distribución y manejo de gasolinas en las estaciones de servicio. En ese sentido, si bien la NOM-004-ASEA-2017 define la eficiencia, mantenimiento y los parámetros de operación que deberán cumplir los Sistemas de Recuperación de Vapores (SRV) para el control de emisiones en estaciones de servicio para expendio al público de gasolinas, es necesario mejorar la vigilancia del cumplimiento de la normativa y ampliar su alcance a toda la ZMVM.

Las categorías emisoras relevantes para la medida y su aporte a las emisiones totales se resume en la tabla 7.15:

Tabla 7.15 Emisiones de contaminantes por la gestión de residuos sólidos urbanos

Fuente contaminante	Emisiones en 2018 (t/año)			
	PM _{2.5}	COV	Carbono negro	Tóxicos
Total, ZMVM	16 500.1 100.0%	413 820.9 100.0%	2615.3 100.0%	122 004.8 100.0%
Total, fuentes de área	5906.1 35.8%	271 133.4 65.5%	554.7 21.2%	84 185.2 69.0%
Repintado automotriz	NA -	4071.2 1.0%	NA -	2862.0 2.3%
Recubrimiento de superficies industriales	NA -	2053.7 0.5%	NA -	1168.1 1.0%
Limpieza de superficies industriales	NA -	18 506.7 4.5%	NA -	18 691.8 15.3%

Tabla 7.15 Emisiones de contaminantes por la gestión de residuos sólidos urbanos (continuación)

Fuente contaminante	Emisiones en 2018 (t/año)			
	PM _{2.5}	COV	Carbono negro	Tóxicos
Maquinaria agrícola y de construcción	305.5 1.9%	366.4 0.1%	158.2 6.0%	184.1 0.2%
Distribución de gasolinas	NA -	8869.0 2.1%	NA -	3605.2 3.0%

Nota: Los totales pueden variar por el redondeo de cifras.

Fuente: *Elaboración propia con base en el Inventario de Emisiones de la ZMVM 2018 (SEDEMA, 2021).*

Entidades responsables: Gobierno Federal (SEMARNAT, SE, SAT, PROFEPA y ASEA), Ciudad de México (SEDEMA), Estado de México (SMAGEM) y estaciones de servicio

Acciones y actividades:

14.1. Reducción de las emisiones fugitivas de COV por la actividad de repintado automotriz.	Esta acción se centra en abatir las emisiones COV generadas por la actividad de repintado automotriz. 14.1.1 Crear la Norma Oficial Mexicana, recubrimientos – límites máximos permisibles de contenido de compuestos orgánicos volátiles en recubrimientos de pintado automotriz.
14.2. Limitación del contenido de COV en productos de limpieza y recubrimientos de superficies industriales.	La acción reducirá las emisiones de COV generadas en la actividad del mantenimiento de superficies industriales, a través de la regulación de su contenido en limpiadores y recubrimientos industriales. 14.2.1 Crear la Norma Oficial Mexicana, limpiadores y recubrimientos – límites máximos permisibles de contenido de compuestos orgánicos volátiles en limpiadores y recubrimientos industriales.
14.3. Regulación de emisiones provenientes de la maquinaria fuera de ruta.	La acción se enfoca en reducir las emisiones de partículas y carbono negro mediante la elaboración de una norma que permita la regulación de la maquinaria agrícola y de construcción, el registro de la maquinaria y la verificación de los estándares de emisión establecidos, así como el desarrollo de lineamientos para maquinaria de construcción en obras de gobierno. 14.3.1 Elaborar una Norma Oficial Mexicana para maquinaria nueva de uso agrícola y de construcción, que incorpore límites máximos permisibles de emisión, así como los requisitos técnicos que debe cumplir el sector. 14.3.2 Establecer un registro para equipo y maquinaria fuera de ruta (maquinaria que no circula por carretera). 14.3.3 Desarrollar lineamientos ambientales para la maquinaria de construcción en la ejecución de obras de gobierno.

14.4. Monitoreo en estaciones de servicio.

La acción persigue la implementación de actividades de vigilancia y monitoreo directo en estaciones de servicio, para verificar y garantizar el cumplimiento de los SRV, así como una modificación a la NOM-004-ASEA-2017 para ampliar su alcance territorial y facilitar el monitoreo continuo.

14.4.1 Actualizar la NOM-004-ASEA-2017. Esta actualización considera aumentar el alcance territorial para cubrir a toda la ZMVM, y parámetros tecnológicos para la eficiencia, operación y mantenimiento de sistemas de medición remota.

14.4.2 Instalar sistemas de monitoreo remoto. Implica su instalación en cada estación de servicio, de forma gradual, y la posterior conexión a un sistema centralizado de detección a nivel federal.

Medida 15.

Comunicación y prevención de riesgos a la salud

Objetivo: Procurar la promoción de la salud y la reducción de la exposición de la población a los contaminantes atmosféricos, a través de acciones regulatorias, la comunicación de riesgos y la generación de información que relacione la calidad del aire y la salud.

Justificación: En la ZMVM, la concentración de contaminantes en la atmósfera, en específico para O_3 y partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$, supera los límites normados, así como los valores recomendados en las GCA de la OMS. Ante esta situación, se requiere mejorar las acciones encaminadas a comunicar el estado de la calidad del aire y reducir el riesgo de exposición de la población, tanto en eventos extraordinarios de contaminación severa como en el día a día. En este sentido, se detectan las siguientes áreas de oportunidad en la ZMVM:

- Actualizar las regulaciones que rigen la operación de los sistemas de monitoreo de calidad del aire, incluyendo estándares para la protección de la salud pública en relación con la concentración de contaminantes criterio y los métodos para la medición de los contaminantes en la atmósfera, y mejorar la comunicación del estado de la calidad del aire a la población en general.

- Incorporar nuevos lineamientos en los programas de contingencias atmosféricas, con el objeto de reducir la exposición de la población y con ello disminuir los efectos adversos a la salud humana durante episodios extraordinarios de contaminación severa.

- Informar de manera clara y oportuna a la población sobre el estado general de la calidad del aire y los posibles riesgos asociados a los niveles de contaminación, para que implementen acciones que reduzcan su exposición.

- Concientizar a la población sobre las fuentes principales de contaminantes atmosféricos y las acciones que pueden ejecutar para contribuir a mejorar la calidad del aire.

- Fortalecer la integración y coordinación entre el sector salud y el sector ambiental, a través de la generación de información de eventos en salud relacionados con la contaminación del aire en la ZMVM, para sustentar el diseño, implementación y evaluación de políticas públicas dirigidas a proteger la salud de la población.

Entidades responsables: Gobierno Federal (COFEPRIS y SEMARNAT), CAME, Ciudad de México (SEDEMA, SEDESA, SSP y APS), Estado de México (SMAGEM y Secretaría de Salud) y Estado de Hidalgo (SEMARNATH)

Acciones y actividades:

<p>15.1. Regulación de calidad del aire para protección a la salud.</p>	<p>La acción busca actualizar y desarrollar normatividad relacionada con las actividades de monitoreo atmosférico, con la finalidad de optimizar la medición y difusión de la información de calidad del aire, en beneficio de la salud de la población.</p> <p>15.1.1 Elaborar una norma de salud ambiental que establezca límites permisibles de compuestos tóxicos (BTX¹¹) en el aire ambiente y criterios para su evaluación.</p> <p>15.1.2 Actualizar los estándares nacionales de salud ambiental que establecen límites permisibles de contaminantes criterio en el aire ambiente como medida para la protección a la salud. Se propone actualizar las siguientes normas: NOM-020-SSA1-2014, NOM-021-SSA1-1993, NOM-023-SSA1-1993, NOM-025-SSA1-2014 y NOM-026-SSA1-1993.</p> <p>15.1.3 Revisar los criterios establecidos en la NOM-172-SEMARNAT-2019, Lineamientos para la obtención y comunicación del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud. Se contempla publicar una norma que considere los cambios en las normas de salud ambiental.</p> <p>15.1.4 Actualizar, o en su caso, definir nuevos métodos de medición de contaminantes criterio en el aire ambiente y sus especificaciones de operación. Se propone actualizar las normas NOM-034-SEMARNAT-1993, NOM-035-SEMARNAT-1993, NOM-036-SEMARNAT-1993, NOM-037-SEMARNAT-1993 y NOM-038-SEMARNAT-1993, así como crear una NOM para el método de medición y monitoreo de partículas suspendidas menores o igual a 10 y 2.5 micrómetros (PM₁₀ y PM_{2.5}, respectivamente).</p> <p>15.1.5 Actualizar la NOM-156-SEMARNAT-2012, Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire.</p>	<p>15.3. Desarrollo e implementación de una Estrategia Integral de Comunicación de Calidad del Aire.</p>	<p>15.2.2 Desarrollar mecanismos de seguimiento y operación del programa de contingencias atmosféricas.</p> <p>El objetivo de esta acción es la concientización y educación de la población en general, a través de la generación de información veraz, relevante y oportuna sobre los niveles de contaminación en el aire ambiente, así como las condiciones apropiadas para que la ciudadanía tome acciones individuales para reducir su exposición y contribuir a la mitigación de emisiones. La Estrategia también se enfoca en construir capacidades y recabar el apoyo de múltiples actores que deben involucrarse en la gestión de la calidad del aire a nivel local. Los lineamientos de la Estrategia se detallan en el Capítulo 8.</p> <p>15.3.1 Diseñar una Estrategia Integral de Comunicación, sensibilización y participación ciudadana para reducir la exposición de la población a los contaminantes atmosféricos y reducir las emisiones.</p> <p>15.3.2 Celebrar convenios de colaboración con actores relevantes que apoyen la Estrategia Integral de Comunicación y para informar sobre el estado de la calidad del aire a la población.</p> <p>15.3.3 Implementar una aplicación para alertas personalizadas sobre el estado de la calidad del aire y el índice ultravioleta (UV).</p> <p>15.3.4 Fortalecer la difusión de información a través de diferentes canales de comunicación. Entre estos se consideran sitios web, aplicaciones para teléfonos móviles y publicaciones en redes sociales.</p> <p>15.3.5 Fomentar la capacitación del personal del sector salud y educativo para incrementar el conocimiento del problema de calidad del aire y el uso de las herramientas de difusión para protección de la salud.</p> <p>15.3.6 Implementar un programa de difusión de información de calidad del aire en áreas rurales, enfocado a la reducción de quema de biomasa en viviendas.</p> <p>15.3.7 Evaluar el establecimiento de sistemas adicionales para la difusión de información de calidad del aire y contingencias ambientales en zonas rurales y urbanas.</p> <p>15.3.8 Instrumentar un programa para reducir la exposición personal por la elaboración artesanal de ladrillos.</p>
<p>15.2. Actualización del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas.</p>	<p>Esta acción contempla el desarrollo de instrumentos regulatorios y mecanismos de comunicación, para su aplicación en episodios de contingencia ambiental atmosférica, con el objetivo de reducir la exposición y proteger la salud de la población. En este sentido, cualquier actualización regulatoria deberá considerar los ajustes resultantes de otras medidas y acciones, para que sean sinérgicas con el programa de contingencias.</p> <p>15.2.1 Actualizar el programa de contingencias atmosféricas de la ZMVM. Este podrá contemplar nuevos umbrales de concentración, criterios distintos para su activación, así como medidas y acciones aplicables, competencias, exenciones y sanciones, entre otros apartados.</p>		

15.4.
Integración de un sistema de información en salud y calidad del aire de la ZMVM.

Esta acción se enfoca en evaluar la factibilidad y, en su caso, establecer un sistema de información en salud y calidad del aire de la ZMVM, con el objetivo de recolectar, integrar, analizar y publicar información de eventos en salud relacionada a la exposición aguda y crónica a la contaminación del aire en la ZMVM, y que sirva como herramienta para la toma de decisiones.

15.4.1 Diseñar y actualizar de forma continua y colaborativa una plataforma digital de información en calidad del aire y salud de la ZMVM.

15.4.2 Generar espacios de encuentro, colaboración y presentación, discusión y traducción de la evidencia científica en propuestas de política pública en materia de calidad del aire y salud, para informar la práctica clínica.

15.4.3 Consolidar el Sistema de vigilancia epidemiológica de efectos a la salud relacionados con la contaminación atmosférica (SIVEESCA) como una herramienta para la toma de decisiones y ampliar su cobertura a la ZMVM.

Medida 16.

Seguimiento institucional

Objetivo: Garantizar una correcta implementación del ProAire y el cumplimiento de sus objetivos, a través de lineamientos para la evaluación, financiamiento y difusión de resultados, así como la integración de tecnologías de vanguardia para desarrollar mecanismos de seguimiento institucional en los diferentes niveles de gobierno.

Justificación: Con el seguimiento y evaluación adecuados, se podrán detectar desviaciones en la ejecución del ProAire, implementar medidas correctivas para garantizar el cumplimiento de las metas y facilitar la difusión de los resultados a partes interesadas y la población en general. Existe un área de oportunidad para establecer un sistema de seguimiento de vanguardia a través de plataformas o repositorios digitales e interinstitucionales, que aprovechen las tecnologías de

la información para la recolección de datos de interés (seguimiento a indicadores, reportes de emisiones en sectores específicos, trámites), su procesamiento y subsecuente análisis.

Asimismo, las medidas del ProAire ZMVM 2021-2030 requieren de recursos financieros para su instrumentación, ya sea para contratar personal, adquirir tecnología, realizar obras, operar y mantener infraestructura, realizar investigaciones y estudios, entre otros. En ese sentido, contar con una estrategia de financiamiento es necesario para superar retos asociados a limitantes en el gasto público, elevadas inversiones iniciales, costos operativos a largo plazo, obstáculos legales e institucionales para la asignación o etiquetado de recursos constantes, entre otros.

Entidades responsables: Gobierno Federal (SEMARNAT, SE y ASEA), Ciudad de México (SEDEMA), Estado de México (SMAGEM) y Estado de Hidalgo (SEMARNATH)

Acciones y actividades:

16.1.
Evaluación, seguimiento y difusión periódica de los resultados de implementación del ProAire ZMVM 2021-2030.

Esta acción tiene por objetivo definir estrategias para el seguimiento sistemático de la ejecución de las medidas y sus resultados, para detectar a tiempo las desviaciones de los programas establecidos en las rutas críticas de cada medida y establecer acciones de corrección o aceleramiento durante la ejecución del Programa. Asimismo, establece la periodicidad para hacer públicos los resultados del ProAire. Las siguientes actividades apoyan la mejora continua del ProAire, la transparencia y la rendición de cuentas.

16.1.1 Desarrollar instrumentos para el seguimiento y reporte del avance de las medidas del ProAire. Se propondrá un instrumento para el seguimiento y cumplimiento de metas que sea la base para el informe de resultados y se evaluará la implementación de un sistema de reporte para el seguimiento sistemático.

16.1.2 Realizar evaluaciones periódicas del avance del ProAire. Se llevarán a cabo evaluaciones integrales para identificar áreas de oportunidad y ajustar acciones, además de una evaluación para fortalecer la política ambiental.

<p>16.2. Establecimiento de plataformas de seguimiento institucional para sectores altamente contaminantes.</p>	<p>16.1.3 Comunicar a la población sobre el progreso del ProAire de manera periódica.</p> <p>La acción se enfoca en integrar tecnologías de vanguardia que propicien la intercomunicación entre las entidades responsables de la verificación de cumplimiento de la normatividad y actores regulados, y agilicen la tramitación actual. En este sentido, se prevé que esta acción genere información relevante para el seguimiento del ProAire y para la creación y evaluación de otras políticas públicas.</p> <p>16.2.1 Desarrollar sistemas de reporte de desempeño ambiental, para compartir información entre dependencias locales y federales. Se busca apoyar a las actividades de seguimiento y vigilancia, así como la agilización de permisos y autorizaciones. Se evaluará la recolección de datos sobre las mediciones realizadas por sistemas de monitoreo continuo, así como permisos y autorizaciones que se otorgan en materia ambiental (COA, LAU-CDMX, COI, entre otros).</p>
<p>16.3. Estrategia Integral de Financiamiento.</p>	<p>Desarrollar e implementar una Estrategia Integral de Financiamiento (EIF) permitirá asegurar la disponibilidad de fondos estables y suficientes para lograr la correcta implementación de las medidas del Programa. Los lineamientos y principios rectores de la Estrategia se detallan en el Capítulo 9.</p> <p>16.3.1 Elaborar la EIF según cuatro principios (Sostenibilidad Financiera, Practicidad Económica, Corresponsabilidad e Involucramiento del Sector Privado, Académico y Social, y Colaboración Internacional).</p> <p>16.3.2 Implementar la EIF. Esta actividad consiste en definir plazos, realizar modificaciones legales, actualizar o crear instrumentos fiscales, económicos y de fomento, crear fondos ambientales, establecer alianzas público-privadas, emitir bonos, crear convenios de colaboración y llevar a cabo otras actividades, según se contemple en la EIF.</p>

Medida 17.

Mejora del monitoreo ambiental

Objetivo: Mejorar el monitoreo de calidad del aire en relación con las concentraciones de contaminantes normados y precursores del smog fotoquímico en la ZMVM.

Justificación: El Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (SIMAT) tiene una cobertura metropolitana y es la herramienta principal para generar y difundir información sobre la calidad del aire, prevenir y alertar a la población en episodios de alta contaminación, así como para el seguimiento y la generación de conocimiento científico que apoya a la gestión de calidad del aire. No obstante, el SIMAT cubre entre el 60% y 75% de la población de la ZMVM dependiendo del contaminante medido. A este sistema se suma una estación en Tizayuca, operada por el Sistema de Monitoreo Atmosférico del Estado de Hidalgo, en tanto que, en los municipios de Huixquilucan e Ixtapaluca, en el Estado de México, la Red Automá-

tica de Monitoreo Atmosférico de Toluca instaló estaciones de monitoreo automático, las cuales se espera que entren en operación en los primeros años a partir de la publicación de este documento.

Para fortalecer el monitoreo de la calidad del aire en la ZMVM, se requiere de desarrollo tecnológico, capacitación a operadores, lineamientos para la validación y control de calidad de la información generada. Asimismo, se debe evaluar la posibilidad de complementar el monitoreo con sensores más económicos y versátiles, siempre y cuando se desarrollen criterios de calidad y objetivos específicos para su uso, operación, validación de datos y difusión. Finalmente, dado que en la ZMVM interactúan autoridades de tres entidades federativas, también se requieren mecanismos homologados de comunicación y coordinación entre las instituciones que participan en el monitoreo de calidad del aire dentro de la ZMVM.

Entidades responsables: Gobierno Federal (SEMARNAT e INECC), Ciudad de México (SEDEMA y SEDESA), Estado de México (SMAGEM y Secretaría de Salud) y Estado de Hidalgo (SEMARNATH y Secretaría de Salud)

Acciones y actividades:

<p>17.1. Operación de las redes de monitoreo ambiental.</p>	<p>La acción se enfoca en mejorar el monitoreo de calidad del aire de contaminantes normados y precursores del smog fotoquímico con el uso de métodos tradicionales y de otras tecnologías en la ZMVM, así como en fortalecer la coordinación a nivel metropolitano.</p> <p>17.1.1 Medir la concentración en el aire ambiente de compuestos que participan en la producción de ozono, partículas finas y tóxicos no normados.</p> <p>17.1.2 Mejorar la coordinación entre los sistemas de monitoreo metropolitanos para el Valle de México.</p> <p>17.1.3 Evaluar y, en su caso, complementar la medición de contaminantes criterio y otros compuestos con nuevas tecnologías (sensores de bajo costo, satelital, otras). Se determinará la factibilidad de uso de tecnologías no reguladas.</p>
--	---

17.1.4 Asegurar la operación eficiente de las redes de monitoreo de contaminantes normados.

17.1.5 Realizar la evaluación quinquenal de la cobertura espacial del monitoreo de contaminantes normados y determinar la necesidad de modificar la configuración de la red, ya sea por incremento de la cobertura o reubicación de estaciones.

Medida 18.

Control de contaminación en el corredor industrial de Tula-Vito-Apasco

Objetivo: Reducir las emisiones en el corredor industrial Tula-Vito-Apasco, para coadyuvar a evitar el incremento de contaminantes que afectan la calidad del aire local de la ZMVM.

Justificación: Si bien la región de Tula, Hidalgo, se ubica fuera de los límites de la ZMVM, en ella se concentra una importante actividad industrial que resulta en emisiones significativas de SO₂, que impactan en la calidad del aire de la zona metropolitana. En específico, se destacan las emisiones por la generación de energía eléctrica y la industria del petróleo y petroquímica, en dos fuentes puntuales de jurisdicción federal: la planta termoeléctrica Francisco Pérez Ríos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la refinería Miguel Hidalgo de Petróleos Mexicanos (PEMEX).

El consumo de combustóleo en estas instalaciones, entre otras actividades, resulta en la emisión

de 45 veces más SO₂ que el resto de las fuentes de la ZMVM. Como los vientos predominantes soplan del norte hacia el sur durante la mayor parte del año, y dado que la ZMVM se ubica viento abajo del corredor industrial antes referido, los contaminantes atmosféricos son transportados desde Tula hacia la Zona Metropolitana. Por ejemplo, las estaciones de monitoreo atmosférico localizadas en el noroeste de la ZMVM registran los mayores niveles de SO₂. Diversos estudios y campañas de medición también muestran cómo las emisiones generadas en el corredor pueden transportarse hacia la ZMVM bajo diferentes condiciones meteorológicas, y tienen un aporte significativo en la concentración de SO₂ local¹². Por lo tanto, para mejorar la calidad del aire local también se requieren acciones encaminadas a reducir el uso de combustibles fósiles con elevado contenido de azufre en el corredor industrial Tula-Vito-Apasco.

Entidades responsables: Gobierno Federal (SENER, ASEA, SEMARNAT y PROFEPA) y Estado de Hidalgo (PROESPA)

Acciones y actividades:

18.1. Control de contaminación en el corredor industrial de Tula-Vito-Apasco.

Esta acción busca reducir las emisiones en el corredor industrial Tula-Vito-Apasco. Se propone que la termoeléctrica Francisco Pérez Ríos y la refinería Miguel Hidalgo cambien sus procesos y/o el combustible empleado, así como acciones de inspección y vigilancia en todo el sector industrial del corredor.

18.1.1 Reducir las emisiones de SO₂ en la generación de energía eléctrica de autoabastecimiento en la refinería Miguel Hidalgo.

18.1.2 Reducir las emisiones de SO₂ en la termoeléctrica Francisco Pérez Ríos.

18.1.3 Elaborar un programa de inspección de cumplimiento normativo, para establecer acciones de reducción de emisiones en el sector industrial del corredor. Dicho programa contempla medidas correctivas (instalación de monitores continuos de emisiones o de sistemas de control, entre otras) para garantizar el cumplimiento ambiental y la reducción de emisiones.

Medida AI.**Investigación para mejorar la gestión de la calidad del aire y la salud de la población**

Objetivo: Realizar proyectos y estudios, con base en una agenda de investigación, para informar el diseño, implementación y evaluación de políticas públicas para mejorar la calidad del aire de la ZMVM y proteger la salud de la población.

Justificación: La colaboración científica entre la comunidad académica y el gobierno aumenta el entendimiento de las causas y efectos de la contaminación atmosférica. A su vez, esta información sirve como evidencia para desarrollar, implementar y evaluar los programas de calidad del aire. A lo largo del desarrollo del presente ProAire, se identificaron los principales temas, oportunidades, problemas y retos actuales para mejorar la calidad del aire, con el apoyo de investigadores expertos en el tema, y hacia los cuales tendrían que dirigirse los esfuerzos de investigación. Este trabajo se basó en la revisión de documentos producto del trabajo colectivo de la comunidad científica en materia de contaminación atmosférica (ICM *et al.*, 2018; INECC *et al.*, 2019; PNUD & INECC, 2018). Asimismo, se tomaron en cuenta las necesidades mencionadas por las autoridades ambientales de las entidades federativas que conforman la ZMVM. Por último, el Comité Científico Técnico de Vigilancia sobre la Contaminación Atmosférica de la Ciudad de México también aportó insumos, y los resultados del proceso participativo para la integración del ProAire ZMVM 20021-2030 permitieron complementar el proceso. Este trabajo hizo posible la integración de una **Agenda de Investigación**, que se resume en la medida AI y sus tres acciones.

Para comprender mejor los cambios en la química atmosférica y los procesos que actualmente controlan la formación de O₃ y partículas en la ZMVM, es fundamental llevar a cabo estudios enfocados en investigar la sensibilidad del O₃ a los COV y NO_x, la formación de especies secundarias y la emisión de contaminantes provenientes de otras fuentes, o bien el cambio en las tasas de emisión de las existentes. También es importante incluir un análisis sobre los posibles impactos del cambio climático sobre la meteorología local y regional, así como en la química y la contaminación atmosféricas.

Por otro lado, se detectan necesidades de investigación para mejorar el inventario de emisiones de la ZMVM. En específico, se requiere de la actualización de factores de emisión, el diagnóstico de categorías no reguladas para mejorar los datos de actividad y la incorporación de fuentes no contempladas actualmente.

Finalmente, también se observa la necesidad de generar conocimiento sobre los impactos en la salud asociados con la exposición de la población a los contaminantes atmosféricos. Se requieren más estudios toxicológicos y epidemiológicos locales de efectos agudos y crónicos a la salud, en relación con los niveles de calidad del aire y con especial atención a los grupos de población más vulnerables.

Entidades responsables: Gobierno Federal (SEMARNAT), Ciudad de México (SEDEMA y SEDESA), Estado de México (SMAGEM y Secretaría de Salud) y Estado de Hidalgo (SEMARNATH)

Acciones y actividades:**AI.1.
Investigación
en calidad del
aire y química
atmosférica.**

Esta acción se enfoca en realizar proyectos de investigación para comprender los cambios en los complejos procesos atmosféricos y garantizar que el inventario y los modelos de calidad del aire proporcionen información confiable para evaluar las medidas de control propuestas.

AI.1.1 Celebrar convenios de coordinación para el financiamiento de proyectos de investigación en temas prioritarios.

AI.1.2 Desarrollar estudios de los cambios en los procesos de contaminación y química atmosférica para reducir la concentración de O₃ y partículas PM_{2.5}.

AI.1.3 Realizar estudios para determinar los procesos de formación de contaminantes secundarios, producción de radicales y diferenciación de periodos (diurno y nocturno).

AI.1.4 Desarrollar proyectos de investigación para mejorar la gestión de la calidad del aire y mitigar el cambio climático. Se propone evaluar los impactos del cambio climático en la calidad del aire (penalización climática, cambios en el clima, afectaciones sobre la vegetación e infraestructura, entre otros).

AI.1.5 Desarrollar proyectos de investigación para mejorar el sistema de pronóstico y modelación de la calidad del aire.

**AI.2.
Investigación
para mejorar el
inventario de
emisiones.**

La acción busca impulsar la mejora del inventario de emisiones de contaminantes, compuestos tóxicos y gases y compuestos de efecto invernadero de la ZMVM, así como reducir la incertidumbre de las estimaciones, a través de actividades de investigación concretas que permitan incrementar la precisión y el nivel de desagregación de las emisiones contaminantes.

AI.2.1 Realizar diagnósticos de emisiones provenientes de fuentes de área para determinar factores de emisión y/o datos de actividad.

AI.2.2 Evaluar la representatividad y precisión de la especiación y estimación de emisiones de COV en el inventario de emisiones, así como las fuentes de área que faltan de caracterizar.

AI.2.3 Actualizar continuamente los factores de emisión y datos de actividad con base en mediciones directas y encuestas de fuentes claves de emisión, así como la aplicación de técnicas y metodologías de evaluación y reporte.

Al.3. Investigación en salud.

Esta acción describe las necesidades de investigación detectadas para generar conocimiento sobre los impactos en la salud asociados con la exposición de la población a los contaminantes atmosféricos.

Al.3.1 Plantear estudios toxicológicos y epidemiológicos locales de efectos agudos y crónicos a la salud por la contaminación atmosférica diferenciados por género y grupo etario.

Al.3.2 Proponer investigaciones sobre los impactos a la salud por la calidad del aire en la ZMVM, diferenciados por género, grupo etario o factores socioeconómicos.

Al.3.3 Proponer la evaluación de los impactos a la salud diferenciados por grupos vulnerables y los impactos económicos de las acciones implementadas para mejorar la calidad del aire.

7.5 Costos y beneficios de la implementación del ProAire

El beneficio principal de las medidas del ProAire ZMVM 2021-2030 es la reducción de emisiones de contaminantes criterio y sus precursores, para así mejorar la calidad del aire y proteger la salud de la población. Asimismo, la implementación de las distintas acciones también permite reducir la generación de gases de efecto invernadero

y contaminantes de vida corta que potencian el cambio climático. Además de esto, se registran distintos cobeneficios en términos del fortalecimiento institucional, generación y difusión de información de calidad del aire y salud y, de forma general, una mejor calidad de vida de la población de la metrópoli.

7.5.1 Reducciones en emisiones

A continuación, se resumen las reducciones en emisiones esperadas de la implementación del ProAire. Estas se pueden expresar de dos formas distintas. En primer lugar, se tienen las reducciones acumuladas, esto es, las toneladas totales de contaminantes que no serán liberadas a la atmósfera por la ejecución del Programa durante la totalidad de su periodo de implementación. La Tabla

7.16 presenta las reducciones acumuladas en las emisiones de contaminantes criterio y sus precursores, por medida, para el periodo 2021-2030; la Tabla 7.17 muestra la misma información, pero para compuestos y gases de efecto invernadero. En las fichas del Anexo 7 es posible encontrar las reducciones acumuladas por acción, para el periodo 2021-2024 y 2021-2030.

Tabla 7.16 Reducciones acumuladas en emisiones de contaminantes

Medidas		Reducciones acumuladas (toneladas) en el periodo 2021-2030						
No.	Sector	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos
1	Transporte de carga	16 632	13 697	-	4145	68 380	26 415	8800
2	Transporte particular individual	9824	3452	605	702 469	283 530	252 737	87 084
3	Transporte público de pasajeros	11 809	8227	763	300 233	110 339	86 774	3634
4	Sector doméstico	80	80	272	440	299	241 691	43 926
5	Gas L.P. en los sectores industrial, comercial y de servicios	6	6	1	19	83	7322	854
6	Vialidades	5621	1242	-	-	-	-	124
7	Labranza y cosecha	1432	318	-	-	-	-	-
8	Industria	4074	2831	1682	1483	520	24 508	13 476
9	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica	2939	2938	-	-	8715	-	-
10	Quema a cielo abierto	11 478	10 883	680	115 228	4081	15 716	12 435
11	Residuos sólidos	-	-	-	1338	-	1558	2381
12	Aguas residuales	-	-	-	-	-	10 398	5633
13	Fuentes naturales	963	257	-	381	-	-	9
14	Fuentes misceláneas	206	200	1	1097	1358	67 062	36 710
Total		64 891	43 960	4003	1 124 119	476 710	734 181	215 065

Notas: Los números rojos representan incrementos en las emisiones. Los totales pueden variar por el redondeo de cifras.

Las medidas 1 (acción 1.3) y 2 (acción 2.2), además de estimar reducciones netas en emisiones, también contribuyen con emisiones evitadas; esto se refiere a que se dejan de emitir en horarios y zonas restringidas, sin embargo, se liberarán al aire en otras zonas de la ZMVM. En la tabla se muestran las emisiones netas mitigadas, mientras que las fichas descriptivas por acción resumen el beneficio tanto de reducciones mitigadas como evitadas. Por lo tanto, al sumar los beneficios en emisiones de las fichas de las medidas 1 y 2, el total es distinto al valor mostrado arriba.

La ficha descriptiva de la acción 2.4 señala reducciones en emisiones asociadas a una serie de intervenciones urbanas, con fines meramente ilustrativos. Los datos fueron obtenidos de un ejercicio conjunto entre la SEMOVI, SEDEMA y CAPSUS en 2019, mediante la plataforma Urban Performance, la cual evalúa emisiones bajo distintos de escenarios de crecimiento urbano. Estas reducciones no se incluyen en la sumatoria de la medida 2, ni el total de reducciones acumuladas del ProAire ZMVM 2021-2030, dado que no corresponden únicamente a emisiones del sector transporte, y podrían implicar un doble conteo de emisiones.

Las medidas 15, 16, 17 y AI no cuentan con estimaciones, dado que no inciden directamente en la reducción de emisiones o estas no fueron estimadas. La medida 18, si bien sí reduce emisiones en el corredor industrial Tula-Vito-Aspasco, estas ocurren fuera de la ZMVM, por lo que no se contabilizan para fines de reporte.

Fuente: Estimaciones de la SEDEMA (2021).

Tabla 7.17 Reducciones acumuladas en emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero

No.	Sector	Reducciones acumuladas (toneladas) en el periodo 2021-2030				
		Carbono negro	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq
1	Transporte de carga	2196	-	-	-	-
2	Transporte particular individual	575	44 028 335	2330	1206	44 413 084
3	Transporte público de pasajeros	2876	18 678 296	5611	692	19 018 796
4	Sector doméstico	5	35 558	76	<1	37 709
5	Gas L.P. en los sectores industrial, comercial y de servicios	<1	146 698	6	<1	146 917
6	Vialidades	111	-	-	-	-
7	Labranza y cosecha	-	-	-	-	-
8	Industria	150	5548	<1	<1	5609
9	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica	1128	-	-	-	-
10	Quema a cielo abierto	816	2 179 406	25 369	-	2 889 750
11	Residuos sólidos	-	-	336 548	808	9 209 098
12	Aguas residuales	-	-	26 470	157	782 657
13	Fuentes naturales	<1	8341	19	1	9181
14	Fuentes misceláneas	103	167 312	81	1	169 710
Total		7950	65 178 378	396 359	1248	76 607 093

Notas: Los números rojos representan incrementos en las emisiones.

Los totales pueden variar por el redondeo de cifras.

Las medidas 1 (acción 1.3) y 2 (acción 2.2), además de estimar reducciones netas en emisiones, también contribuyen con emisiones evitadas; esto se refiere a que se dejan de emitir en horarios y zonas restringidas, sin embargo, se liberarán al aire en otras zonas de la ZMVM. En la tabla se muestran las emisiones netas mitigadas, mientras que las fichas descriptivas por acción resumen el beneficio tanto de reducciones mitigadas como evitadas. Por lo tanto, al sumar los beneficios en emisiones de las fichas de las medidas 1 y 2, el total es distinto al valor mostrado arriba.

La ficha descriptiva de la acción 2.4 señala reducciones en emisiones asociadas a una serie de intervenciones urbanas, con fines meramente ilustrativos. Los datos fueron obtenidos de un ejercicio conjunto entre la SEMOVI, SEDEMA y CAPSUS en 2019, mediante la plataforma Urban Performance, la cual evalúa emisiones bajo distintos de escenarios de crecimiento urbano. Estas reducciones no se incluyen en la sumatoria de la medida 2, ni el total de reducciones acumuladas del ProAire ZMVM 2021-2030, dado que no corresponden únicamente a emisiones del sector transporte, podrían implicar un doble conteo de emisiones.

Las medidas 15, 16, 17 y A1 no cuentan con estimaciones, dado que no inciden directamente en la reducción de emisiones o estas no fueron estimadas. La medida 18, si bien sí reduce emisiones en el corredor industrial Tula-Vito-Asasco, estas ocurren fuera de la ZMVM, por lo que no se contabilizan para fines de reporte.

Fuente: Estimaciones de la SEDEMA (2021).

La segunda forma de expresar las reducciones en emisiones es respecto de un escenario tendencial de emisiones¹³. En este caso, se compara el crecimiento de las emisiones sin la implementación de

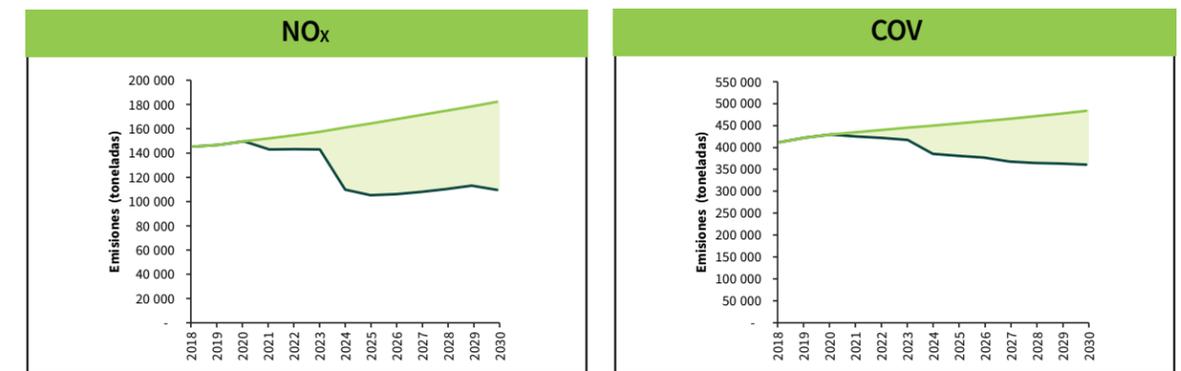
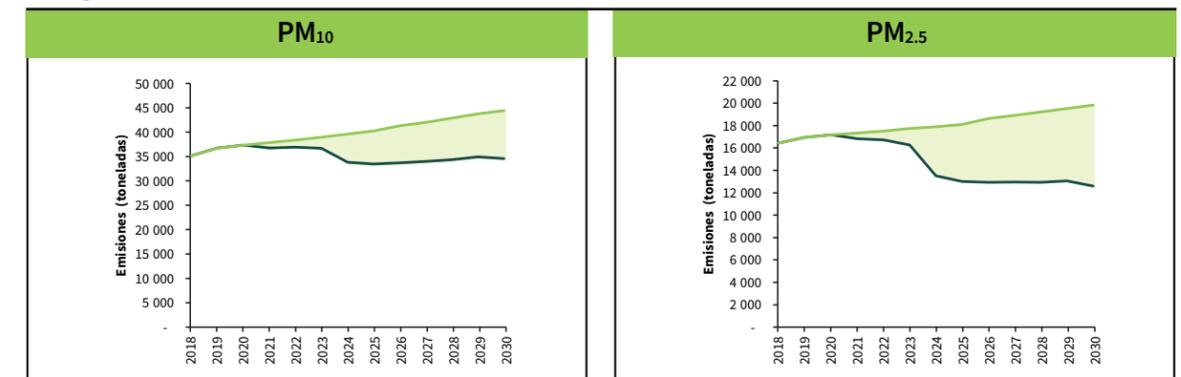
acciones o políticas, con las reducciones anuales esperadas de la implementación del ProAire. Este enfoque permite determinar un porcentaje de reducción de emisiones a 2030. La Figura 7.3 resume

¹³ Los resultados del escenario tendencial de emisiones se describen en el Capítulo 5.

las reducciones en emisiones en el año 2030, respecto del escenario tendencial, y muestra gráficamente el comportamiento de las emisiones para

los cuatro contaminantes prioritarios en la ZMVM, sin y con la implementación del ProAire.

Contaminante	Emisiones en 2030 (toneladas)			Contaminante	Emisiones en 2030 (toneladas)		
	Escenario tendencial	Escenario de aplicación del ProAire	Reducción en emisiones		Escenario tendencial	Escenario de aplicación del ProAire	Reducción en emisiones
PM ₁₀	44 765	34 167	23.7%	Carbono negro	3377	2056	39.1%
PM _{2.5}	19 895	12 655	36.4%	Tóxicos	151 490	115 938	23.5%
SO ₂	3655	2932	19.8%	CO ₂	85 759 158	76 794 472	10.5%
CO	1 029 954	868 697	15.7%	CH ₄	357 987	275 345	23.1%
NO _x	181 792	108 651	40.2%	N ₂ O	3006	2816	6.3%
COV	486 555	361 243	25.8%	CO ₂ eq	96 582 363	85 253 340	11.7%
NH ₃	50 413	49 916	1.0%				



Nota: Los totales pueden variar por el redondeo de cifras.

— Escenario tendencial
— Escenario ProAire
— Reducción en emisiones

Figura 7.3 Reducción de emisiones en 2030 y escenarios para contaminantes prioritarios

Fuente: Elaboración propia con base en estimaciones de la SEDEMA (2021).

7.5.2 Costo de implementación

El costo total de la implementación del ProAire se estima en **\$280.71 mil millones de pesos mexicanos**, a precios de 2021. El costo por medida se presenta en la Tabla 7.18. Si bien este valor contempla el costo de la medida 18, que atiende las emisiones de SO₂ provenientes del corredor Tula-Vito-Aspasco, se puntualiza que las acciones de dicha medida atienden dos fuentes fijas de jurisdicción exclusivamente federal.

Al cuantificar los recursos económicos necesarios para la gestión de la calidad del aire, resulta relevante comparar las reducciones en emisiones con los costos de implementación,

para así determinar un valor de costo-efectividad. Dado que las distintas medidas inciden en la reducción de emisiones de diferentes contaminantes, y que estas, a su vez, están compuestas por acciones específicas dirigidas a una fuente y/o contaminante particular, se recomienda revisar la información del costo-efectividad por acción, que está disponible en las fichas descriptivas del Anexo 7. Al comparar el costo de reducir una tonelada de un contaminante concreto a través de una acción específica, es posible observar qué acciones son las más efectivas, en términos de los recursos necesarios para mitigar las emisiones, y cuya implementación debería ser prioritaria.

Tabla 7.18 Costos de implementación de las medidas del ProAire ZMVM 2021-2030

Medida			Medida		
No.	Sector	Costo de implementación (M.N.)	No.	Sector	Costo de implementación (M.N.)
1	Transporte de carga	\$34,981,900,000	11	Residuos sólidos	\$5,410,300,000
2	Transporte particular individual	\$98,546,200,000	12	Aguas residuales	\$368,700,000
3	Transporte público de pasajeros	\$112,787,800,000	13	Fuentes naturales	\$410,000,000
4	Sector doméstico	\$707,900,000	14	Fuentes misceláneas	\$19,000,000
5	Gas L.P. en los sectores industrial, comercial y de servicios	\$25,900,000	15	Comunicación y prevención de riesgos a la salud	\$110,000,000
6	Vialidades	\$1,854,900,000	16	Seguimiento institucional y urbanización sustentable	\$28,700,000
7	Labranza y cosecha	\$29,000,000	17	Monitoreo ambiental	\$521,800,000
8	Industria	\$23,100,000	18	Corredor industrial Tula-Vito-Aspasco	\$24,385,300,000
9	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica	\$900,000	AI	Agenda de investigación	\$304,000,000
10	Quema a cielo abierto	\$201,700,000	Total		\$280,717,100,000

Fuente: Estimaciones de la SEDEMA (2021).



7.5.3 Beneficios en la calidad del aire y salud

Reducir las emisiones en un sistema urbano no garantiza una disminución proporcional en los niveles de concentración de los contaminantes atmosféricos, en particular cuando se trata de contaminantes secundarios. Estos últimos dependen de los cambios en la emisión de sus precursores y la relación entre ellos, así como de las condiciones fisiográficas y meteorológicas de la zona.

Considerando lo anterior, para evaluar los beneficios que tendrían las reducciones en emisiones por la aplicación del ProAire ZMVM 2021-2030, se requiere de herramientas que, en primer lugar, puedan simular los cambios en las concentraciones de contaminantes primarios y secundarios, para después estimar los beneficios en salud y económicos asociados (por ejemplo, mortalidad evitable).

Como se ha expuesto anteriormente, entre los objetivos del presente ProAire se encuentran, reducir la concentración de partículas finas (PM_{2.5}),

así como las concentraciones máximas de O₃, con el fin de proteger la salud de la población y toda vez que son los contaminantes de mayor problema en la ZMVM. En el caso de ozono, se busca también que el ProAire contribuya a reducir los valores máximos para poder prevenir eventos de contingencias ambientales.

A continuación, se presentan los resultados de algunas evaluaciones que permiten dimensionar los beneficios en la calidad del aire y en salud, por la ejecución del ProAire. Los resultados se presentan para las PM_{2.5}, el O₃, y para el NO₂, este último mostró beneficio considerable.

Otros contaminantes, así como la descripción metodológica pueden ser consultados en el Anexo 7.2. Es importante comentar que estos resultados corresponden a un escenario condicionado, en el que se cumpla la implementación en tiempo y forma de las medidas evaluadas.

Beneficios en la calidad del aire

Con el objetivo de estimar el impacto del ProAire ZMVM 2021-2030 en las concentraciones de los contaminantes criterio y sus precursores al año 2030, se utilizó el sistema de pronóstico de calidad del aire para la Ciudad de México (AQFS-CDMX). La evaluación del ProAire se realizó considerando como base el inventario de emisiones 2018, y a partir de estas emisiones se desarrollaron factores que representaron el cambio en las emisiones, con y sin la aplicación del ProAire en el año 2030, para su modelación en el sistema de pronóstico.

A continuación se realizó la comparación de la concentración de contaminantes entre el escenario modelado de la línea base 2030 y el del ProAire ZMVM 2030. Para el análisis del impacto en la calidad del aire, se calcularon los indicadores del promedio anual de los máximos diarios (1h) para los contaminantes gaseosos, el máximo horario de O_3 , y en el caso de las $PM_{2.5}$, se obtuvo la media anual de los promedios de 24 horas, así mismo, de estos indicadores se obtuvo el valor máximo por celda.

Finalmente se realizó un análisis por región, en el cual se obtuvo el valor promedio de las métricas mencionadas para cada una de las zonas y se analizaron sus diferencias entre el escenario con y sin ProAire (ver clasificación de regiones en el Anexo 7.2).

La modelación determinó que los niveles de concentración de $PM_{2.5}$ promedio para toda la ZMVM serían ~22% (~4 $\mu g/m^3$) menores en el escenario con aplicación del ProAire, donde la

mayor reducción ocurrió en las regiones del centro (CE) y suroeste (SO) de la ZMVM.

Los resultados obtenidos indicaron que la implementación del ProAire ZMVM 2021-2030, reduciría el promedio anual de los máximos diarios de O_3 en ~2% (~3 ppb) en toda la ZMVM (Ver Figura 7.4) y, si sólo se considera el valor máximo horario de O_3 , la reducción sería de hasta el ~7% (~13 ppb) con la aplicación del ProAire.

En cuanto a la modelación de los compuestos orgánicos volátiles (COV), se presentó una reducción del 29% en el promedio anual de los datos horarios, para todo el periodo en la ZMVM (Ver Figura 7.4).

Por otro lado, la reducción de los óxidos de nitrógeno (NO_x) fue del 40% en el promedio anual para todo el periodo en la ZMVM, así mismo se observó una disminución de ácido nitroso (HONO) de hasta ~35%, el cual también participa en la formación y acumulación del O_3 y de las $PM_{2.5}$ secundarias.

Las modelaciones de la calidad del aire, determinaron que se requiere reducir más del 70% de las emisiones de COV y NO_x para poder alcanzar los valores de 90 ppb de O_3 , concentración que será establecida en la nueva norma oficial mexicana de este contaminante. Para lograr cumplir con dicha concentración, es indispensable modificar la estructura energética bajo la cual opera el Valle de México, así como mejorar el marco regulatorio y la vigilancia en sectores contaminantes que actualmente no cuentan con regulación.

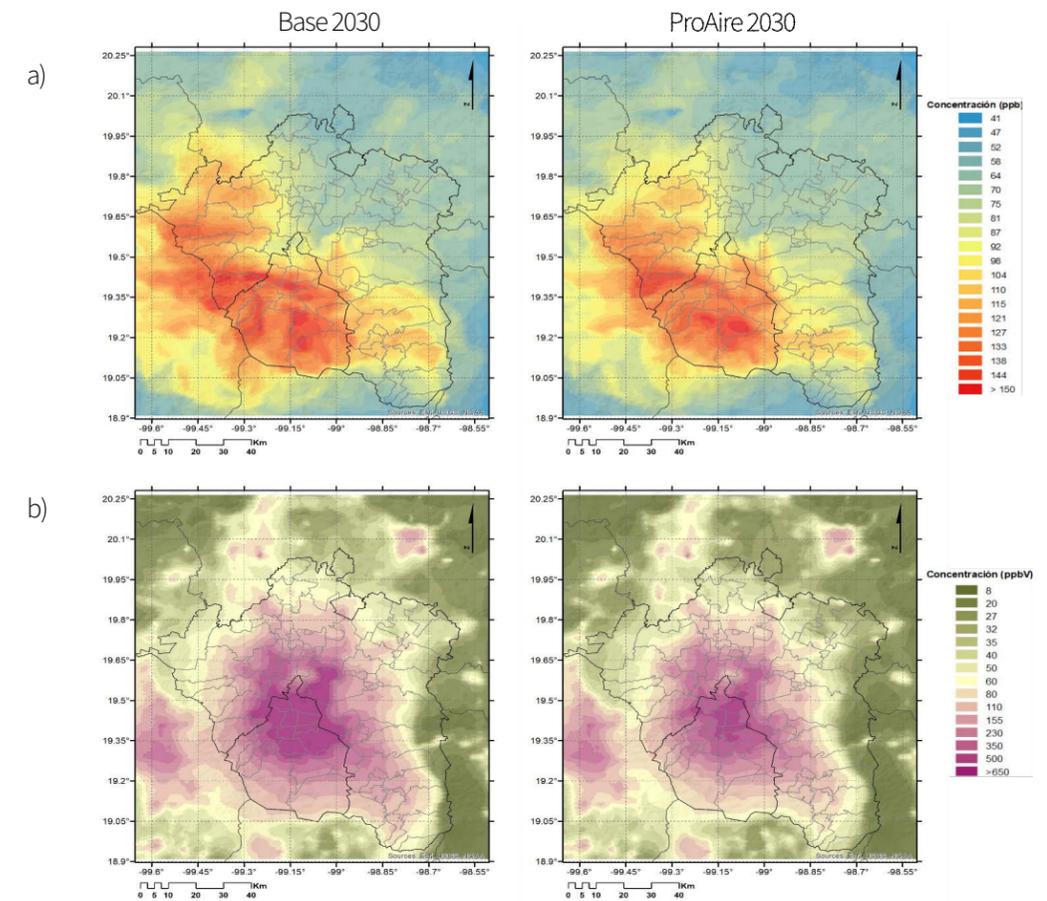


Figura 7.4 Mapas del promedio de los máximos de O_3 (ppb) (a) y promedio máximo diario de NMCOV (ppbV) para todo el periodo considerado (b) en la ZMVM para el escenario base y el escenario con ProAire 2030

Beneficios en salud

Para estimar los beneficios en salud que tendrían los cambios en la calidad del aire en $PM_{2.5}$, NO_2 y O_3 en el año 2030, de implementarse las medidas del ProAire y los ahorros económicos asociados a estos, se llevó a cabo una evaluación de impacto en salud (EIS) empleando el Programa de análisis y mapeo de beneficios ambientales - Edición comunitaria (BenMAP-CE, por sus siglas en inglés), así como una valoración económica de los impactos estimados.

Se compararon, el escenario base que corresponde a la calidad del aire que se tendría en

2030 de seguir la tendencia actual de emisiones, y el escenario control que se refiere a la calidad del aire que se presentaría en el año 2030, considerando la reducción de emisiones por la implementación de las medidas del ProAire.

La diferencia en la concentración de contaminantes entre dichos escenarios, permite cuantificar los beneficios en salud y económicos que se obtendrían por la implementación del Programa en el año 2030. Los insumos y consideraciones empleados en esta EIS se resumen a continuación:

- a) Evaluación de la exposición de la población a la contaminación del aire: se empleó la diferencia en la concentración de contaminantes entre el escenario base 2030 y el escenario con ProAire 2030 a nivel de celdas de 1 km x 1 km, para toda la ZMVM, mismos que fueron simulados con el Sistema de Pronóstico de Calidad del Aire, AQFS-CDMX. Las métricas empleadas fueron la media anual del promedio de 24 horas para PM_{2.5}, el promedio anual de la concentración de una hora para NO₂ y el promedio de la temporada de ozono del máximo diario de la concentración de una hora para O₃.
- b) Eventos en salud: con base en una revisión de la evidencia científica internacional, se seleccionó la mortalidad anual por causas generales¹⁴ para el caso de PM_{2.5} y NO₂, así como la mortalidad anual por enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) para O₃.
- c) Las funciones concentración-respuesta (FCR), que cuantifican el impacto en salud por unidad de concentración de un contaminante particular, se obtuvieron de estudios epidemiológicos recientes y son empleadas en EIS a nivel nacional e internacional.

d) Se utilizaron datos de población y de mortalidad a nivel municipal proyectados a 2030 para el grupo de edad de 25 años y más.

Los impactos en salud se calcularon a nivel de celda, para después agregarse a nivel municipal, estatal y para toda la ZMVM.

Finalmente, se estimaron los beneficios económicos de dichos impactos empleando el valor de una vida estadística (VSL, por sus siglas en inglés), reportado por la OECD (2012) de 2005 y transferido a México a precios del 2018 (para mayor referencia se puede consultar el Anexo 6.2). Este valor es consistente con el VSL usado en evaluaciones recientes para monetizar los beneficios de diversas intervenciones.

Los resultados indican que la aplicación de las medidas del ProAire en la ZMVM daría lugar a una mejora en los niveles promedio ponderados por la población¹⁵ de PM_{2.5}, NO₂ y O₃ en el año 2030 en comparación con el escenario base o tendencial a 2030, logrando un cambio del -24% para PM_{2.5} (-6.4 µg/m³), -34% de NO₂ (-7 ppb) y -0.2% de O₃ (-0.2 ppb) (Figura 7.5).



Figura 7.5 Concentración promedio ponderada por la población para PM_{2.5}, NO₂ y O₃ de los escenarios de la Guía de Calidad del Aire (GCA) de la Organización Mundial de la Salud (OMS) del año 2005, escenario base 2030 y escenario con ProAire 2030 en la ZMVM¹⁶

¹⁴ En el caso de PM_{2.5} se incluyeron las causas de muerte no accidentales que consideran las enfermedades crónico-degenerativas y las infecciones respiratorias de vías inferiores. En el caso de NO₂ se consideraron las causas conocidas como naturales que excluyen las muertes por causas externas. Aunque similares, existen diferencias entre ellas.
¹⁵ La concentración promedio ponderada por la población de cada contaminante se refiere al promedio en el que se le da mayor peso a la concentración de contaminantes de las zonas donde habita la mayor parte de la población, siendo un mejor indicador de la exposición de la población que el promedio simple (HEI, 2020).
¹⁶ En el caso de O₃ para el escenario de la OMS, se empleó un valor de 75 ppb para la métrica del promedio de la temporada de ozono del máximo de la concentración de una hora. La OMS no cuenta con un valor guía para esta métrica, por lo que se calculó tomando la proporción entre los valores de las normas oficiales mexicanas de salud ambiental para una hora y ocho horas y aplicándola al valor de ocho horas de la OMS.

En los mapas de la Figura 7.6 se observa el cambio en la concentración de dichos contaminantes por la implementación del Programa a nivel de celda de 1 km x 1 km en la ZMVM.

Debido a la menor exposición promedio que tendría la población de la ZMVM a dichos contaminantes en el escenario con aplicación del

del ProAire, se calcula que se podrían evitar al menos seis mil muertes en el año 2030. Esto equivale a un valor estimado de 13 mil millones de dólares o 119 mil 256 millones de pesos lo que representa el 2.3% del PIB de la ZMVM en el año 2018. Dichos ahorros económicos del año (2030), compensarían en más del 40% los costos de implementación de todo el Programa.

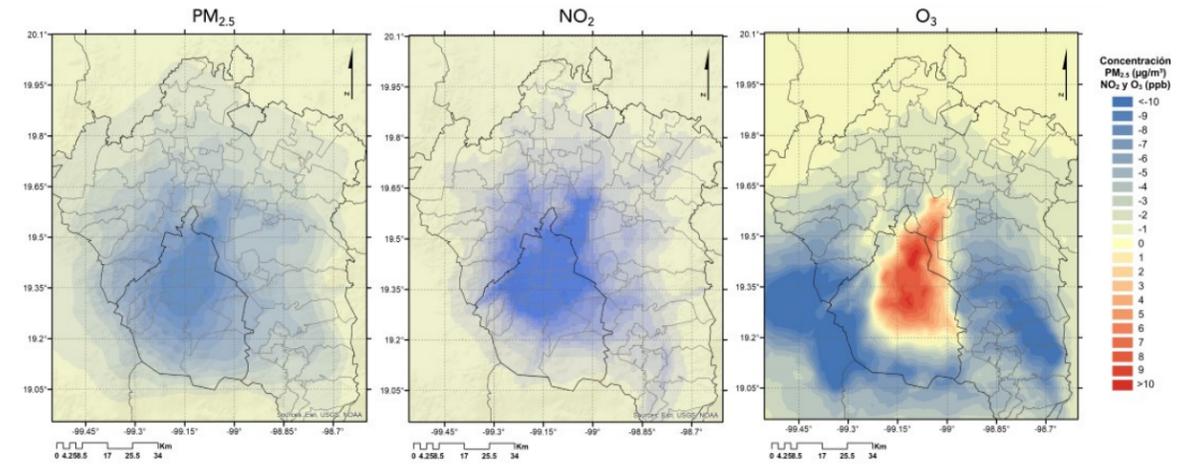


Figura 7.6 Cambio en la concentración de PM_{2.5}, NO₂ y O₃ entre los escenarios ProAire 2030 y base 2030 a nivel de celda de 1 km x 1 km en la ZMVM

Un hallazgo importante de este análisis es que el mayor número de muertes que se lograría evitar por la implementación del ProAire ZMVM se debe a los cambios en los niveles de NO₂,

alcanzando valores por debajo de la GCA de la OMS (2005) y, en segundo lugar, a los cambios en PM_{2.5} (Tabla 7.19). Esto se replica a nivel municipal, como se observa en la Figura 7.7.

Tabla 7.19 Diferencia en el número de muertes prematuras en 2030, por el cambio en la exposición a PM_{2.5}, NO₂ y O₃ en la ZMVM con la implementación del ProAire 2021-2030, respecto al escenario base 2030 y valoración económica.

Contaminante	Diferencia en el número de muertes prematuras (IC 95%) ^a	Valoración económica del cambio en el número de muertes prematuras, en millones de dólares (IC 95%) ^b
PM _{2.5} (Media anual del promedio de 24 h)	-4,900 (-3500 a -6200)	-10,500 (-7,500 a -13,400)
NO ₂ (Promedio anual de la concentración de 1 h)	-6000 (-4100 a -7900)	-13,000 (-8,800 a -17,100)
O ₃ (Promedio de la temporada de ozono del máximo diario de la concentración de una hora de O ₃)	7 (1 a 13)	15 (4 a 28)

^a Muertes prematuras en el grupo de edad de 25 años y más.

^b VSL reportado por la OECD (2012) para el año 2005 y transferido a México a precios del 2018: 2.16 millones de dólares.

Los resultados de la presente evaluación muestran que la implementación del ProAire 2021-2030, considerado como un escenario condicionado, podría contribuir de forma importante a mejorar la calidad del aire, proteger la salud de la población, y acelerar el cumplimiento del Objetivo 3 sobre Salud y

Bienestar de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).

Los resultados son estimaciones basadas en distintos supuestos que se explican con detalle en el Anexo 7.2.

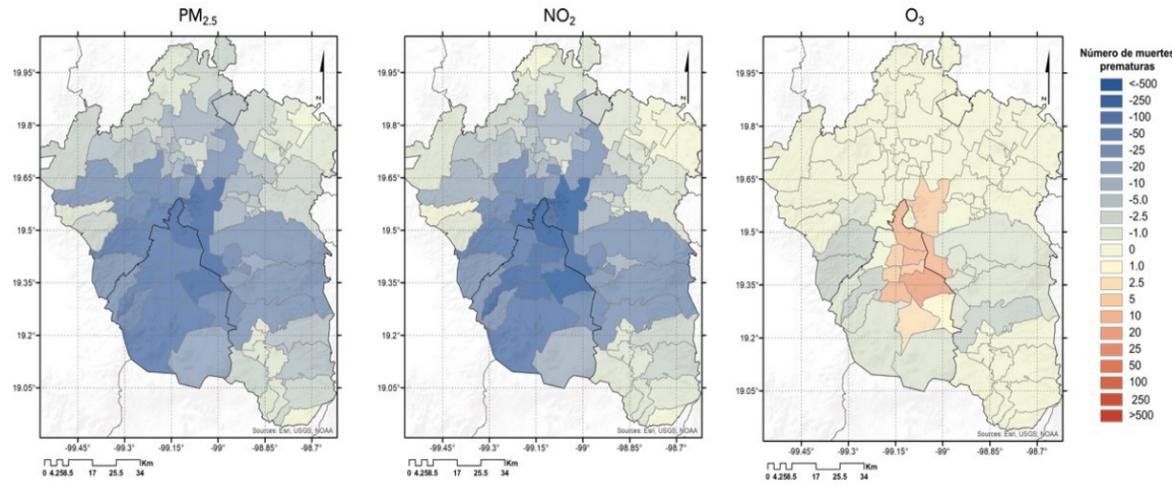


Figura 7.7 Cambio en el número de muertes prematuras en 2030 por el cambio en la exposición a PM_{2.5}, NO₂ y O₃ en la ZMVM a nivel municipal con la implementación del ProAire 2021-2030 respecto al escenario Base 2030

La implementación del ProAire ZMVM 2021-2030 también representa una oportunidad importante para incrementar la ambición de la mitigación de gases de efecto invernadero, toda vez que permite la integración de la gestión de la contaminación del aire y la planificación de la acción climática. La contaminación del aire y el cambio climático tienen muchas interacciones complejas y están estrechamente vinculadas.

Por ejemplo, el cambio climático y la calidad del aire comparten fuentes de emisión como el transporte, la industria y la generación de electricidad, por lo que es fundamental desarrollar una agenda conjunta que pueda potencializar los impactos positivos y los cobeneficios asociados, en lugar de tratar estos temas como dos agendas separadas (Malley & Kuylenstierna, 2019). En este contexto, este ProAire comparte acciones con el Programa de Acción Climática de la Ciudad de México, 2021-2030.

7.6 Agenda regulatoria

Un componente indispensable de todo instrumento de planeación es el sustento jurídico de las acciones que contiene. En tal sentido, el ProAire

ZMVM 2021-2030 contiene una serie de recomendaciones que suponen emprender procesos regulatorios encaminados a:

- Buscar que, en su condición de instrumento de la política ambiental, quede garantizada su legalidad y, por tanto, su validez y consecuente cumplimiento de los objetivos que persigue.
- Identificar vacíos o lagunas que impedirían la eficacia de las acciones contenidas en él.
- Desarrollar en el ámbito administrativo, como reglamentos o Normas Oficiales Mexicanas, las normas legales que sustentan sus acciones, con la finalidad de detallarlas en regulaciones técnicas de aplicación obligatoria.
- Precisar las competencias de las autoridades, principalmente ambientales, que participarán en su ejecución.
- Establecer mecanismos de evaluación y seguimiento de sus acciones.
- De manera particular, que el marco jurídico de las tres entidades federativas que intervienen cuente con una estructura y contenido uniforme, de tal suerte que las acciones puedan ser implementadas en igualdad de circunstancias y, por tanto, igualdad de posibilidades de cumplir con sus objetivos.

Los cambios regulatorios y normativos propuestos se resumen en las fichas descriptivas del Anexo 7.

Ejemplos de estas recomendaciones de procesos regulatorios son:

- En relación con la Acción 1.3 (Limitaciones y vigilancia de la circulación de transporte de carga contaminante), si bien es cierto que la Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal (LAPTFDF) y el Código para la Biodiversidad del Estado de México (CPBEM) facultan a las autoridades competentes para llevar a cabo acciones de inspección y vigilancia y, en su caso, sancionar las infracciones a las disposiciones que resulten aplicables, se recomienda incluir la facultad expresa de establecer puntos de revisión de los vehículos en la vía pública.
- En relación con la Acción 2.3 (Reducción de la cantidad de viajes personales), sería oportuno incorporar en la legislación local aplicable, disposiciones que fomenten el trabajo y el estudio a distancia, mediante incentivos y la habilitación de centros de conectividad, para reducir el uso de vehículos particulares.

- En relación con la Acción 15.2 (Actualización del Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas), por lo que respecta a los mecanismos de comunicación, si bien es cierto que la LAPTRDF y el CPBEM establecen la obligación de dar a conocer las declaratorias de contingencias ambientales a través de los medios de comunicación masiva y de los instrumentos correspondientes, se recomienda diversificar y fortalecer los mecanismos de comunicación para reducir la exposición y proteger la salud de la población.
- En relación con la Acción 15.3 (Desarrollo e implementación de una Estrategia Integral de Comunicación de Calidad del Aire), si bien es cierto que la LAPTRDF, el CPBEM y la Ley para la Protección al Ambiente del Estado de Hidalgo (LPAEH) establecen la obligación de las autoridades locales competentes para: (i) integrar inventarios o registros de emisiones a la atmósfera, y (ii) de contar con sistemas de información que incluyan dichos registros, se recomienda adicionar a dichas leyes el mandato de contar con estrategias integrales de comunicación.
- En relación con la Acción 15.4 (Integración de un sistema de información en salud y calidad del aire de la ZMVM), si bien existen disposiciones legales que fundamentan la adopción de la medida, se estima necesario proponer actualizaciones que vinculen los niveles de contaminación atmosférica con sus consecuencias sobre la salud de las personas, mediante la información disponible en los sistemas de información ambiental que, a su vez, son alimentados de los sistemas de monitoreo de la calidad del aire.
- En relación con las acciones 16.1 (Evaluación, seguimiento y difusión periódica de los resultados de implementación del ProAire ZMVM 2021-2030) y 16.2 (Establecimiento de plataformas de seguimiento institucional para sectores altamente contaminantes), se desprende la necesidad de que la regulación de los ProAire en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, y en las legislaciones ambientales de la Ciudad de México, Estado de México e Hidalgo incluyan estrategias para su seguimiento.

De esta forma, el ProAire ZMVM 2021-2030 no solamente se erige en un instrumento de política pública, sino también en un mecanismo que permite detonar los procesos de expedición de los instrumentos regulatorios necesarios para la ejecución de sus medidas y acciones. Al respecto, cabe mencionar que se trata de un Programa con un horizonte de una década, con lo cual no constituye un instrumento con un fin en sí mismo, sino

con un proceso de implementación y maduración, incluso con miras a orientar y coadyuvar a las metas contenidas en otros instrumentos de política pública, como el Plan General de Desarrollo de la Ciudad de México que cuenta con una visión ambiental 2040. Por último, se destaca que este proceso de mejora continua del ProAire ZMVM 2021-2030 será de particular importancia para el diseño del Programa que lo sustituya.