

Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México

2018

MEMORIAS DE CÁLCULO



Contaminantes criterio, tóxicos y gases y compuestos de
efecto invernadero



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SEDEMA
DIRECCIÓN GENERAL
DE CALIDAD DEL AIRE

Citar este documento como:

Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México.

Memoria de Cálculo del Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2018.

Dirección General de Calidad del Aire, Dirección de Proyectos de Calidad del Aire.

Ciudad de México. Noviembre, 2021.

D.R. © 2021

Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México Plaza de la Constitución N° 1, 3er Piso, Col. Centro, alcaldía Cuauhtémoc C.P. 06068, Ciudad de México

www.sedema.cdmx.gob.mx

www.aire.cdmx.gob.mx

CONTENIDO

Fuentes Puntuales	4
Fuentes de Área	55
Fuentes Móviles	121
Fuentes Naturales	144



Fuentes Puntuales

TABLA DE CONTENIDOS

FUENTES PUNTUALES.....	7
Clasificación de actividad	8
Regulación de las fuentes fijas.....	8
Categorías y contaminantes estimados	9
Tipos de emisiones	10
Técnicas de estimación.....	10
Cálculo de emisiones de combustión.....	11
Determinación de las emisiones de contaminantes criterio, combustión	13
Determinación de las emisiones de gases de efecto invernadero, combustión	16
Cálculo de las emisiones de proceso	18
Determinación de las emisiones de contaminantes criterio, proceso	18
Determinación de las emisiones de Gases de efecto invernadero, proceso	24
Cálculo de las emisiones de contaminantes tóxicos.....	27
Estimación de emisiones de carbono negro	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores de emisión para combustión.....	15
Tabla 2. Factores de emisión de GEI – combustión	17
Tabla 3. Factores de emisión por actividad (proceso).....	25
Tabla 4. Factores de emisión de HFC	27
Tabla 5. Factores de emisión para la industria textil	31
Tabla 6. Factores de emisión para la industria de la Madera y productos de madera, incluye muebles.....	32
Tabla 7. Factores de emisión para la Industria del papel y productos del papel, imprentas y editoriales	32
Tabla 8. Factores de emisión de Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	33
Tabla 9. Factores de emisión de Productos metálicos.....	33
Tabla 10. Factores de emisión para la Industria alimenticia, bebidas y tabaco	33
Tabla 11. Factores de emisión de la Industria química, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	34
Tabla 12. Otros factores para recubrimientos superficiales (emisiones evaporativas).....	35
Tabla 13. Claves de los perfiles de especiación	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Niveles de desagregación del SCIAN	8
Figura 2. Sectores industriales de jurisdicción federal	9
Figura 3. Contaminantes estimados en el Inventario de Emisiones de la ZMVM 2018.....	9
Figura 4. Normatividad aplicable a equipos de combustión	11
Figura 5. Diagrama de flujo para el cálculo de emisiones en equipos de combustión	12
Figura 6. Etapas para el cálculo de emisiones de proceso	19
Figura 7. Metodología general de cálculo de emisiones tóxicas	28
Figura 8. Metodología de cálculo de emisiones de carbono negro.....	31

FUENTES PUNTUALES

El inventario de emisiones de las fuentes puntuales de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), año 2018, se integra de la estimación de industrias, comercios y servicios regulados. Respecto a las industrias, se conforma por las emisiones de 1,925 establecimientos, de los cuales, 864 se encuentran ubicados en la Ciudad de México, 1,009 en el Estado de México y 52 en el municipio de Tizayuca, Estado de Hidalgo. En cuanto a los comercios y servicios, se tienen registrados un total de 2,886 establecimientos, de los cuales 2,853 se ubican en la Ciudad de México.

Para la estimación de las emisiones de las fuentes fijas de jurisdicción local de la Ciudad de México, se utilizaron los datos del Anexo A (Emisiones a la atmósfera) y Anexo E (Registro y Transferencia de Contaminantes) de la Licencia Ambiental Única para la Ciudad de México (LAU-CDMX).

Las emisiones de jurisdicción federal de la CDMX y de los estados de México e Hidalgo, fueron estimadas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)¹, mismas que se generaron a partir de los datos reportados en las Cédulas de Operación Anual (COA) de cada establecimiento.

Por otra parte, la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (SMAGEM) realizó las estimaciones de contaminantes criterio y de gases de efecto invernadero, correspondientes a su jurisdicción², a partir de los datos registrados en las Cédulas de Operación Integral (COI).

Respecto a las fuentes fijas de jurisdicción local del municipio de Tizayuca, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Hidalgo (SEMARNATH) facilitó la información de las empresas contenida en la Cédula de Operación Anual (COA)³, y con base en dicha información, se estimaron las emisiones correspondientes de esa entidad.

La estimación de emisiones de las industrias se lleva a cabo en cuatro etapas:

1. Revisión y captura de información (datos generales, insumos, combustibles, productos)
2. Clasificación de actividad de la empresa
3. Cálculo de emisiones por combustión (por equipo y chimenea)
4. Cálculo de emisiones por proceso (por equipo y chimenea)
5. Cálculo de las emisiones de compuestos tóxicos y carbono negro

¹ **SEMARNAT (2020)**. *Base de datos de fuentes puntuales de los 59 municipios del Estado de México pertenecientes a la Zona Metropolitana del Valle de México, de jurisdicción federal - DATGEN 2018*. [base de datos]. Elaborada con información del sector industrial reportada en la Cédula de Operación Anual. Información proporcionada por la Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), vía correo electrónico de fecha 22 de julio de 2020.

² **SMAGEM-IEECC (2020)**. *Base de datos de inventario de emisiones de fuentes fijas de jurisdicción local del Estado de México del año 2018* [base de datos]. Información proporcionada por el Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático de la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (SMAGEM), vía correo electrónico de fecha 25 de mayo de 2020.

³ **SEMARNATH (2020)**. *Información de ladrilleras asentadas en el municipio de Tizayuca, Hidalgo, 2018* [base de datos]. Información proporcionada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo (SEMARNATH), vía correo electrónico de fecha 30 de marzo de 2020.

SEMARNATH (2020). *Base de datos de inventario de emisiones de fuentes fijas de jurisdicción local del año 2018, correspondiente al municipio de Tizayuca* [base de datos]. Información proporcionada por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo (SEMARNATH), vía correo electrónico de fecha 24 de septiembre de 2020.

Clasificación de actividad

Las industrias, comercios y servicios se encuentran clasificados de acuerdo con su actividad económica y para ello se utiliza el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN)⁴, el cual consiste en un clasificador de actividades económicas, construido por los Gobiernos de México, Estados Unidos de Norteamérica y Canadá; en nuestro país es publicado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía. El SCIAN contiene cinco niveles de desagregación, los cuales son: sector, subsector, rama, subrama y clase. Ver Figura 1.

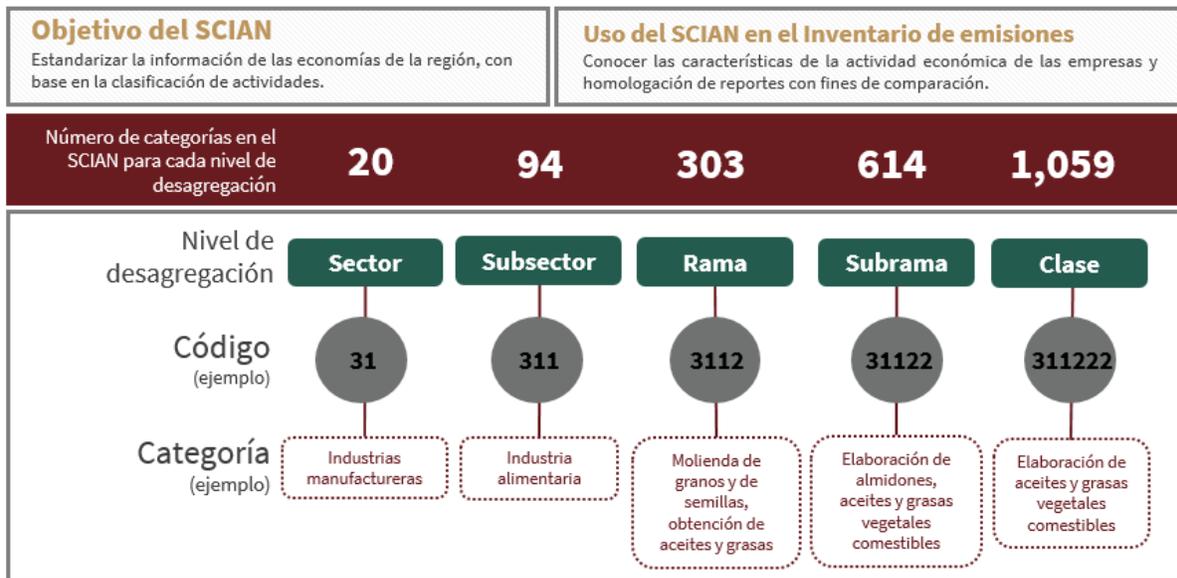


Figura 1. Niveles de desagregación del SCIAN

Fuente: Elaboración propia.

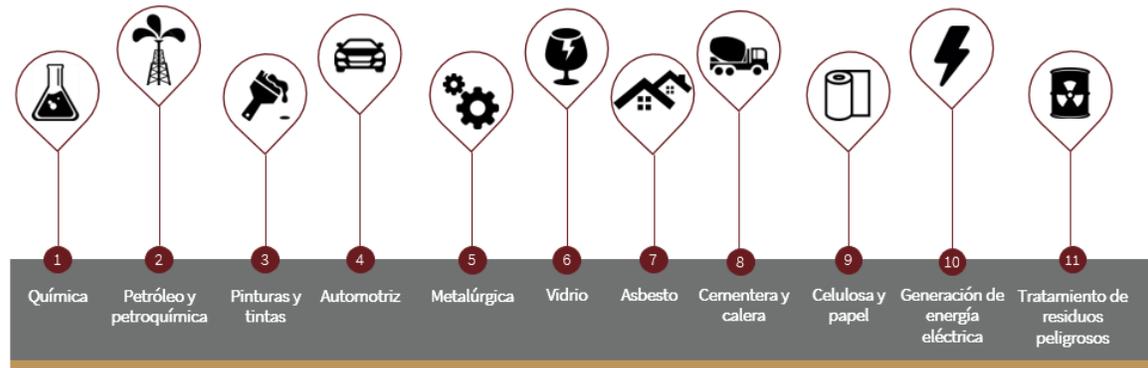
La desagregación parte de actividades generales hacia niveles más específicos. La asignación de la clave SCIAN a las industrias inventariadas, se realiza tomando en cuenta la actividad principal de cada industria y sus principales productos.

Regulación de las fuentes fijas

En el artículo 111 Bis de la LGEEPA se enlistan las industrias de competencia federal, las cuales involucran procesos de transformación complejos o actividades riesgosas. Asimismo, en el artículo 21 de la LGEEPA se indica que los establecimientos de jurisdicción federal están regulados por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, a través de la **Cédula de Operación Anual**, instrumento mediante el cual se reporta el cumplimiento de las normas ambientales e información de emisiones atmosféricas, de ruido, transferencia de contaminantes y residuos peligrosos, ver Figura 2.

⁴ INEGI (2013). *Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México (SCIAN), edición 2013*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Consultado en enero 2018, de <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825051693>.

Sectores de competencia Federal



Sectores incluidos en el artículo 111 Bis de la LEGEPA, el proceso productivo de estas empresas es complejo y por lo general son industrias grandes.

Figura 2. Sectores industriales de jurisdicción federal

Fuente: Elaboración propia.

Las actividades productivas que no están contempladas en el Artículo 111 Bis, se consideran de competencia local y son reguladas por los Gobiernos locales o municipales.

Las fuentes fijas de competencia local asentadas en territorio de la ZMVM son reguladas por los Gobiernos de la Ciudad de México, del Estado de México y del Estado de Hidalgo. Las empresas reguladas deben reportar el cumplimiento de la normatividad a través de la **Licencia Ambiental Única** para la Ciudad de México, la **Cédula de Operación Integral** (Estado de México) y la **Cédula de Operación Anual** (Tizayuca, Hidalgo).

Categorías y contaminantes estimados

El Inventario de Emisiones de fuentes Fijas del año 2018, incluye 25 categorías generadoras de contaminantes criterio, tóxicos y gases y compuestos de efecto invernadero. En la Figura 3 se muestran los contaminantes estimados en el Inventario.

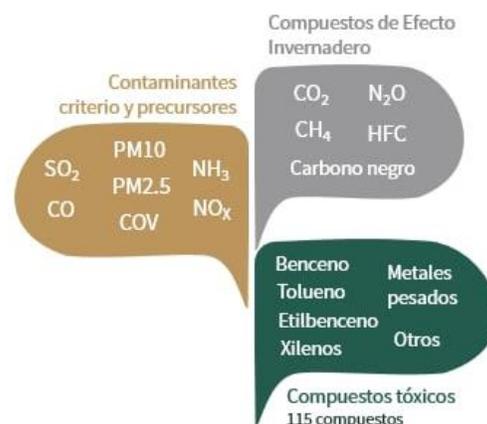


Figura 3. Contaminantes estimados en el Inventario de Emisiones de la ZMVM 2018

Fuente: Elaboración propia.

Tipos de emisiones

Para realizar la estimación de emisiones del inventario de fuentes puntuales, es necesario hacer una distinción entre dos tipos de emisiones: conducidas y no conducidas. Esta distinción, proporciona un referente sobre la información con la que se cuenta y, por consiguiente, el método de estimación a utilizar.



Las **emisiones conducidas** se descargan a través de ductos o chimeneas. En la mayoría de los casos se realiza un muestreo en fuente⁵, por ejemplo, los equipos de combustión, impresoras, trituradoras, entre otros.



Las **emisiones no conducidas**, se asocian con procesos que se realizan a cielo abierto o con actividades productivas que no están normadas, por lo cual no se descargan a un ducto o chimenea y no pueden medirse directamente. Las emisiones deben estimarse a partir de factores de emisión o de balance de materiales.

Técnicas de estimación

La estimación de emisiones de una fuente fija incluye los procesos y actividades como la quema de combustibles fósiles y el uso de productos (por ejemplo, solventes, grasas, lubricantes e hidrofluorocarbonos). El cálculo de emisiones puede seguir distintas metodologías en función de la información disponible.

De forma general, es posible emplear mediciones directas en campo, balances de materia a partir del consumo de materias primas en un proceso productivo, o partir de factores de emisión que se multiplican por un dato de actividad para una fuente o proceso específico. Los métodos de estimación se dividen en directos e indirectos.

Métodos directos: están basados en estudios de campo para recolectar información de las emisiones que son conducidas a la atmósfera por medio de chimeneas o ductos.

Métodos indirectos: están basados en información general respecto al consumo de materias primas que se alimentan a un proceso productivo, conocidos como datos de actividad. Para la cuantificación de emisiones se utilizan factores de emisión y balance de masa. En el caso de las emisiones no conducidas, estas se estiman regularmente utilizando métodos indirectos.

Un dato de actividad es una medida cuantitativa del nivel de actividad que da lugar a emisiones de contaminantes en un lugar y periodo de tiempos dados, tales como los volúmenes de combustibles consumidos o la cantidad de insumos que entran a un proceso productivo. A su vez, la estimación mediante factores de emisión considera, entre otros aspectos, las características de los equipos de

⁵ Muestreo en fuente: prueba de laboratorio realizada en la fuente de emisión, es decir, de la chimenea o conducto, a través del cual pasa el flujo de gases contaminantes hacia la atmósfera.

combustión o de proceso, el tipo de combustible utilizado, el estado físico de los insumos y el uso de equipos de control de emisiones. En algunos casos, cuando las emisiones están asociadas a un proceso productivo, los factores de emisión se reportan generalmente como masa de contaminantes emitidos por unidad de producto (por ejemplo, Clinker producido).

Cálculo de emisiones de combustión

La estimación de emisiones para los **equipos de combustión** se realiza utilizando factores de emisión que se asocian a un consumo anual de combustible, la desagregación de los factores de emisión está en función del tipo de equipo y tipo de combustible.

En algunos casos es posible realizar una segunda estimación utilizando los resultados del muestreo en fuente, sin embargo, esto aplica sólo para los equipos normados, que de manera general, regulan la emisión de partículas, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre, es decir, el muestreo es limitativo, pues no todos los contaminantes que se inventarían se miden en la fuente, es por ello que en todas las evaluaciones se tiene que hacer uso de los factores de emisión para complementar la estimación del resto de contaminantes, así como para hacer un comparativo y validación del muestreo.

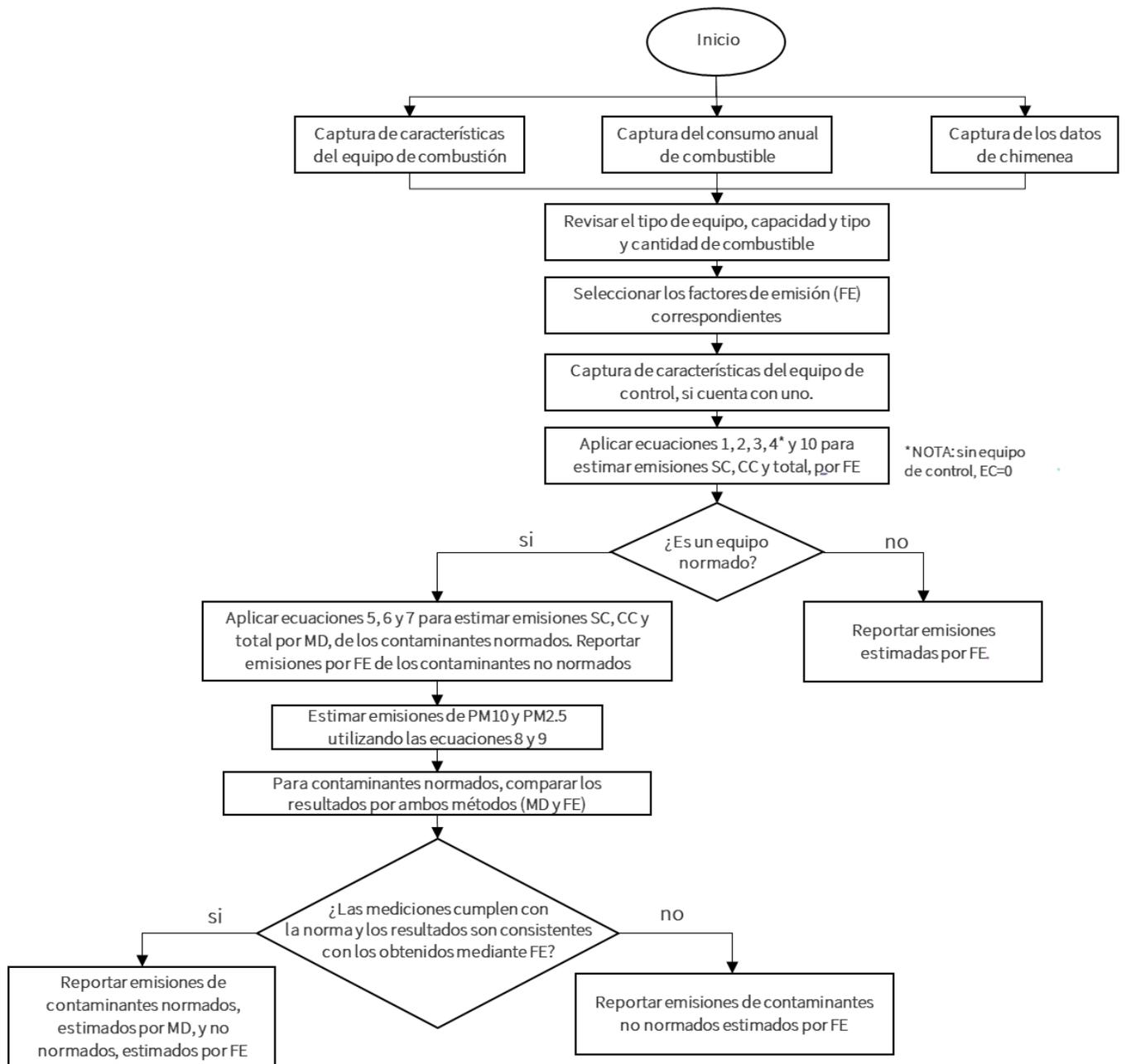
La normatividad que regula las emisiones provenientes de los equipos de combustión se describe en la Figura 4, es importante mencionar que además de las normas federales, la Ciudad de México cuenta con normas locales que limitan la emisión proveniente de los hornos crematorios e incineradores de animales (NADF-017) y de calderas de baja capacidad (NADF-016).



Figura 4. Normatividad aplicable a equipos de combustión

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5 se presenta el diagrama de flujo para llevar a cabo la estimación de emisiones por combustión.



FE: Factor de Emisión
 MD: Medición Directa, o medición en fuente
 ESC: Emisión sin control
 ECC: Masa retenida en el equipo de control

Figura 5. Diagrama de flujo para el cálculo de emisiones en equipos de combustión

Fuente: Elaboración propia.

Determinación de las emisiones de contaminantes criterio, combustión

Ecuaciones

1. A continuación, se describen las ecuaciones para calcular las emisiones utilizando factores de emisión y se cuenta con un equipo de control.

Cabe mencionar que los equipos no controlan el 100% de la masa del contaminante generado, por lo cual existe una cantidad que el equipo no puede controlar, que se conoce como emisión sin control. Aquellas emisiones que el equipo pudo retener y evitar que se emitieran a la atmósfera, se le denomina masa de contaminante retenida en el equipo de control.

Ecuación 1. Cálculo de la emisión de contaminante criterio – combustión

$$E_{SC,i} = V_c * FE_{i,c} * \left(1 - \frac{EC_i}{100}\right) * (1/1000)$$

Ecuación 2. Cálculo de la masa de contaminante criterio retenida en el equipo de control - combustión

$$E_{CC,i} = V_c * FE_{i,c} * \frac{EC_i}{100} * (1/1,000)$$

Ecuación 3. Cálculo de la emisión total de contaminante criterio – combustión

$$E_{Total,i} = E_{SC,i} + E_{CC,i}$$

Donde:

$E_{SC,i}$ = Emisión anual del contaminante (i), sin control, $\left[\frac{\text{t contaminante}}{\text{año}}\right]$

$E_{CC,i}$ = Masa anual controlada del contaminante (i), $\left[\frac{\text{t contaminante}}{\text{año}}\right]$

$E_{Total,i}$ = Emisión anual total del contaminante (i), $\left[\frac{\text{t contaminante}}{\text{año}}\right]$

V_c = Volumen anual de combustible (c), $\left[\frac{\text{m}^3 \text{ de combustible}}{\text{año}}\right]$

$FE_{i,c}$ = Factor de emisión del contaminante (i), para el combustible (c), $\left[\frac{\text{kg contaminante}}{\text{m}^3 \text{ de combustible}}\right]$ o $\left[\frac{\text{kg contaminante}}{\text{t de combustible}}\right]$

EC_i = Eficiencia del sistema de control para el contaminante (i), [%] adimensional

1,000 = Factor de conversión de kilogramos a toneladas

2. Cuando no se cuenta con equipo de control, la eficiencia de control (EC_i) es igual a cero y la emisión es completamente emitida a la atmósfera ($E_{SC,i} = E_{Total,i} = E_{i,k}$), la ecuación para estimar las emisiones es la siguiente:

Ecuación 4. Cálculo de la emisión de contaminantes criterio - combustión

$$E_{i,k} = (V_{c,k} * FE_{i,c}) / 1000$$

Donde:

$E_{i,k}$ = Emisión anual de contaminante (i), del equipo (k), $\left[\frac{\text{t contaminante}}{\text{año}}\right]$

$V_{c,k}$ = Volumen anual de combustible (c), del equipo (k), $\left[\frac{\text{m}^3 \text{ de combustible}}{\text{año}}\right]$

$FE_{i,c}$ = Factor de emisión del contaminante (i), del combustible (c), $\left[\frac{\text{kg contaminante}}{\text{m}^3 \text{ o t de combustible}}\right]$

1,000 = factor de conversión de kilogramos a toneladas

3. Las ecuaciones que se utilizan para determinar la emisión cuando se tiene muestreo en fuente son la siguientes:

Ecuación 5. Emisión MD sin control

$$E_{SC,k,i} = \frac{(H_k * Gv_k * C_{i,k} * P_i)}{10^9}$$

Ecuación 6. Emisión MD con control

$$E_{CC,k,i} = E_{SC,k,i} * \left(\frac{EC_i}{1 - EC_i} \right)$$

Ecuación 7. Emisión MD total

$$E_{TOT,k,i} = E_{SC,k,i} + E_{CC,k,i}$$

Donde:

$E_{SC,k,i}$ = Emisión anual sin control del contaminante (i), del equipo (k), $\left[\frac{t \text{ contaminante}}{\text{año}} \right]$

$E_{CC,k,i}$ = Masa anual controlada del contaminante (i), del equipo (k), $\left[\frac{t \text{ contaminante}}{\text{año}} \right]$

$E_{TOT,k,i}$ = Emisión anual total del contaminante (i), del equipo (k), $\left[\frac{t \text{ contaminante}}{\text{año}} \right]$

H_k = Horas al año trabajadas por el equipo (k) $\left[\frac{h}{\text{año}} \right]$

Gv_k = Gasto volumétrico de la emisión del equipo (k), referido a condiciones normales de base seca, $\left[\frac{m^3}{h} \right]$

$C_{i,k}$ = Concentración medida del contaminante (i), en la emisión del equipo (k), $\left[\frac{mg}{m^3} \right]$ para partículas; [ppm volumen] para SO₂, CO y NO_x

10⁹ = Factor de conversión de miligramos a toneladas

P_i = Factor de conversión de la concentración del contaminante (i) de ppmv a mg/m³ para:

$$P_{PST} = 1$$

$$P_{SO_2} = 2.62$$

$$P_{CO} = 1.14$$

$$P_{NO_x} = 1.88$$

EC_i = Eficiencia de control para el contaminante (i), (fracción adimensional)

Para determinar la emisión de PM10 y PM2.5, se utilizan las fracciones de PM10 en PST y PM2.5 en PM10, asociadas al tipo de combustible.

Ecuación 8. Emisión de PM10, con fracciones SCC

$$E_{PM10,j} = E_{PM,j} * X_{\frac{PM10}{PST},j}$$

Ecuación 9. Emisión de PM2.5, con fracciones SCC

$$E_{PM2.5,j} = E_{PM,j} * X_{\frac{PM2.5}{PST},j}$$

Donde:

$E_{PM10,j}$ = Emisión anual de PM10, asociado al proceso (j)

$E_{PM2.5,j}$ = Emisión anual de PM2.5, asociado al proceso (j)

$E_{PST,j}$ = Emisión anual de PST, del proceso (j) $\left[\frac{t}{\text{año}} \right]$. Se calcula con la ecuación 5, para la emisión sin control; ecuación 6, para la masa con control; ecuación 7, para la emisión total

$X_{\frac{PM10}{PST},j}$ = Fracción de PM10 en PST, asociado al proceso (j)

$X_{\frac{PM2.5}{PST},j}$ = Fracción PM2.5 en PST, asociado al proceso (j)

Factores de emisión

Los factores de emisión de contaminantes criterio están referidos al equipo de combustión, capacidad térmica y al tipo de combustible empleado, los cuales se presentan en la Tabla 1, de acuerdo con el tipo de combustible, capacidad térmica y tipo de quemador.

Tabla 1. Factores de emisión por tipo de equipo y combustible

Tipo	Combustible	Unidad	PST	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	NH ₃
Boilers < 100 millones de Btu/hr ó 3000 C.C.	GLP-Industrial a	kg/m ³	0.1	2.40E-02	2.40E-02	3.71E-03	0.9	1.7	0.1	0.1	NA
	GN-Industrial a	kg/m ³	1.22E-04	1.22E-04	1.22E-04	9.60E-06	1.30E-03	1.60E-03	1.76E-04	8.80E-05	5.10E-05 ^c
	DI-Industrial a	kg/m ³	0.2	0.1	0.1	0.9	0.6	2.4	0.1	0.1	0.1 ^c
	CBP-Industrial a	kg/m ³	4.9	3	1.1	75.4	0.6	6.6	0.2	0.1	0.1 ^c
	CBL-Industrial a	kg/m ³	1.2	0.7	0.3	37.7	0.6	6.6	0.2	0.1	0.1 ^c
	GO-Industrial a	kg/m ³	0.8	0.5	0.2	0.9	0.6	5.6	3.00E-02	2.40E-02	0.1 ^c
	LE-Industrial a	kg/t	15.3	15.3	15.3	0.2	115 ^c	1.4	41.5	21.9 ^c	NA
	PED-Industrial a	kg/m ³	4.9	3	1.1	75.4	0.6	6.6	0.2	0.1	0.1 ^c
	GA-Industrial a	kg/m ³	1.4	1.4	1.4	1.2	13.7	22.6	29.1	24.1	NA
	CPE-Industrial c	kg/t	1.3	1.3	0.5	127.1	0.3	10.5	NA	3.50E-02	NA
	BIO-Industrial a	kg/m ³	1.20E-04	1.20E-04	1.20E-04	9.60E-06	1.30E-03	1.60E-03	1.80E-04	8.80E-05 ^c	5.10E-05 ^c
	CCA-Industrial a	kg/t	40	9.2	2.4	108.3	0.3	11	0.1	2.40E-03	0.3 ^c
Hornos residenciales	GLP-CyS a	kg/m ³	0.1	2.40E-02	2.40E-02	3.70E-03	0.9	1.7	0.1	0.1	NA
	GN-CyS a	kg/m ³	1.20E-04	1.20E-04	1.20E-04	9.60E-06	6.40E-04	1.50E-03	1.80E-04	8.80E-05	5.10E-05
	DI-CyS a	kg/m ³	0.2	0.1	0.1	0.9	0.6	2.2	0.3	0.2	0.1 ^c
	CBP-CyS a	kg/m ³	4.9	3	1.1	75.4	0.6	5.6	0.2	0.1	0.1 ^c
	CBL-CyS a	kg/m ³	1.2	0.7	0.3	37.7	0.6	6.6	0.2	0.1	0.1 ^c
	GO-CyS a	kg/m ³	0.8	0.5	0.2	0.9	0.6	2.4	0.1	4.10E-02	0.1 ^c
	LE-CyS a	kg/t	15.3	15.3	15.3	0.2	115	1.4	41.5	21.9 ^c	NA
	PED-CyS a	kg/m ³	4.9	3	1.1	75.4	0.6	5.6	0.2	0.1	0.1 ^c
	GA-CyS a	kg/m ³	1.4	1.4	1.4	1.2	13.7	22.6	29.1	24.1	NA
	CPE-CyS ^c	kg/t	1.3	1.3	0.5	127.1	0.3	10.5	NA	3.50E-02	NA
	BIO-CyS a	kg/m ³	1.20E-04	1.20E-04	1.20E-04	9.60E-06	6.40E-04	1.50E-03	1.80E-04	8.80E-05 ^c	5.10E-05 ^c
	CCA-CyS a	kg/t	40	9.2	2.4	108.3	0.3	11	0.1	2.40E-03	0.3 ^c
NA	GLP-Alimentos b	kg/m ³	3.90E-04	1.10E-04	1.10E-04	0.5	0.8	0.5	0.9	0.8	NA
	GLP-Comedores b	kg/m ³	3.90E-04	1.10E-04	1.10E-04	0.5	0.8	0.5	0.9	0.8	NA
	GLP-Boilers b	kg/m ³	3.10E-04	8.40E-05	8.40E-05	0.2	1.1	1.1	0.1	0.1	NA
	LE-Alimentos	kg/t	7.1 ^e	7.1 ^e	6.8 ^e	0.1 ^d	105.8 ^e	1.5 ^d	18.9 ^d	18.2 ^d	NA
	CAV-Alimentos	kg/t	1.7 ^d	1.7 ^d	0.7 ^g	NA	42.5 ^g	NA	NA	NA	NA

CC= Caballos Caldera, N/A= no aplica.

^a U.S. EPA (2010). *Air Emissions Factors and Quantification AP 42 (5th ed.). Volume 1, Chapter 1. External Combustion Sources, 1.3 Fuel Oil Combustion*. U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Consultado en noviembre de 2018, de: https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-09/documents/1.3_fuel_oil_combustion.pdf

^b IMP-SEDEMA (2016). *Diagnóstico de equipos a gas L.P. y actualización de factores de emisión de fugas y combustión de gas L.P. en viviendas*. Informe del proyecto FAP CPSF/0126/2016-FA, preparado por el Instituto Mexicano del Petróleo para la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA).

^c U.S. EPA (2019). *Emissions factors for criteria and hazardous air pollutants for industrial and non-industrial processes. WebFIRE online database* [base de datos]. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Consultado en febrero de 2020, de: <https://cfpub.epa.gov/webfire/index.cfm?action=fire.downloadInBulk>.

^d Barrera, H. (2017). *Evaluación de emisiones atmosféricas de dos prototipos de estufas rurales ahorradoras de energía (PATSARI, ONIL)*. Cartel de la 1era. Reunión de la Red Temática de Contaminación Atmosférica y Mitigación del Cambio Climático. Ciudad de México: Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México.

^e Domingo, J. (2016). *Factores de emisión de CO₂ y carbono negro derivados de la combustión de maderas provenientes del bosque del Ajusco*. Tesis de Licenciatura. Ciudad de México: Universidad Autónoma Metropolitana.

^f U.S. EPA (1999). *Emisiones de los aparatos de cocina de los vendedores ambulantes (Asadores al carbón). Reporte final*. U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Consultado en julio de 2019, de: <https://www3.epa.gov/ttn/catc1/cica/files/spanrep3.pdf>

^g González, J. (2016). *Factores de emisión de CO y carbono negro emitidos por la quema de carbón vegetal*. Tesis de Licenciatura. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Determinación de las emisiones de gases de efecto invernadero, combustión

La metodología para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por combustión, proviene *las Directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) para la elaboración de inventarios de gases de efecto invernadero*, del año 2006 (Volumen II Energía)⁶.

A continuación, se presenta la ecuación para estimar las emisiones, así como los factores de emisión utilizados. Cabe mencionar que para los GEI no se aplica el criterio de control de emisiones.

Ecuaciones

Para calcular las emisiones se utiliza la siguiente ecuación, referida al consumo de combustible:

Ecuación 10. Cálculo de emisión de GEI - combustión

$$E_{g,c} = FE_{g,c} * C_c$$

Donde:

$E_{g,c}$ = Emisión anual del gas de efecto invernadero (g) asociado al combustible (c), $[\frac{t}{año}]$

$FE_{g,c}$ = Factor de emisión del gas de efecto invernadero (g) asociado al combustible (c), $[\frac{t}{m^3_c}]$

C_c = Volumen anual de combustible (c), $[\frac{m^3_c}{año}]$

Factores de emisión

Los factores de emisión utilizados para el cálculo de las emisiones por combustión se obtuvieron de los Cuadros 2.3 y 2.4 de las Directrices del IPCC 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen II Energía y del estudio realizado por el IMP en el año 2016.

Al igual que los contaminantes criterio, los factores están referidos de acuerdo con el tipo de combustible, de manera particular, los factores de emisión de IPCC están expresados en kg de GEI/TJ, se utilizó el poder calorífico reportado en el *Balance Nacional de Energía 2018* de la Secretaría de Energía, para poder expresarlos en tonelada de GEI/m³ y facilitar el cálculo. Ver Tabla 2.

⁶ IPCC (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Vol. 2. Energía*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Consultado en diciembre de 2018, de: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

Tabla 2. Factores de emisión de GEI – combustión

Capacidad	Combustible	Unidad	CH ₄	CO ₂	N ₂ O
Boilers < 100 millones de Btu/hr ó 3000 C.C.	GLP-Industrial ^{a,b}	kg/m ³	2.59E-02	1,636.76	2.59E-03
	GN-Industrial ^{a,b}	kg/m ³	3.86E-05	2.2	3.86E-06
	DI-Industrial ^{a,b}	kg/m ³	0.1	2,663.62	2.16E-02
	CBP-Industrial ^{a,b}	kg/m ³	3.98E-02	3,078.72	2.39E-02
	CBL-Industrial ^a	kg/m ³	3.98E-02	3,078.72	2.39E-02
	GO-Industrial ^a	kg/m ³	0.1	2,663.62	2.16E-02
	LE-Industrial ^a	kg/t	0.4	1,622.43	5.79E-02
	PED-Industrial ^a	kg/m ³	0.1	2,904.10	2.40E-02
	GA-Industrial ^a	kg/m ³	0.1	2,232.60	1.93E-02
	CPE-Industrial ^a	kg/t	0.1	3,096.41	1.91E-02
	BIO-Industrial ^a	kg/m ³	1.99E-05	1.09	1.99E-06
	CCA-Industrial ^a	kg/t	2.65E-02	2,508.89	3.98E-02
	Hornos residenciales	GLP-CyS ^{a,b}	kg/m ³	0.1	1,636.76
GN-CyS ^{a,b}		kg/m ³	1.93E-04	2.2	3.86E-06
DI-CyS ^{a,b}		kg/m ³	0.4	2,619.34	2.12E-02
CBP-CyS ^{a,b}		kg/m ³	0.4	3,065.09	2.38E-02
CBL-CyS ^a		kg/m ³	0.4	3,065.09	2.38E-02
GO-CyS ^a		kg/m ³	0.4	2,636.62	2.16E-02
LE-CyS ^a		kg/t	4.3	1,622.43	5.79E-02
PED-CyS ^a		kg/m ³	0.1	2,910.10	2.40E-02
GA-CyS ^a		kg/m ³	3.22E-01	2,232.60	1.93E-02
CPE-CyS ^d		kg/t	0.3	3,096.41	1.91E-02
BIO-CyS ^a		kg/m ³	1.93E-04	2.11	3.86E-06
CCA-CyS ^a		kg/t	2.65E-02	2,65E-02	2.65E-02
NA		GLP-Alimentos ^{c,a,b}	kg/m ³	0.1	1,472.83
	GLP-Comedores ^{c,a,b}	kg/m ³	0.1	1,472.83	2.59E-03
	GLP-Boilers ^{c,a,b}	kg/m ³	3.14E-02	1,552.52	2.59E-03
NA	LE-Alimentos ^{c,a}	kg/t	7.1	1,714.71	5.79E-02
	CAV-Alimentos ^a	kg/t	5.9	3,326.40	2.97E-02

CC= Caballos Caldera, N/A= no aplica.

^a IPCC (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Vol. 2. Energía*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Consultado en diciembre de 2018, de: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>.

^b SENER (2019). *Balance Nacional de Energía 2018*. Secretaría de Energía (SENER). Consultado en enero de 2019, de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/528054/Balance_Nacional_de_Energ_a_2018.pdf.

^c IMP-SEDEMA (2016). *Diagnóstico de equipos a gas L.P. y actualización de factores de emisión de fugas y combustión de gas L.P. en viviendas*. Informe del proyecto FAP CPSF/0126/2016-FA, preparado por el Instituto Mexicano del Petróleo para la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA).

Cálculo de las emisiones de proceso

La estimación de emisiones de procesos industriales se refiere a la cuantificación de emisiones generadas durante la transformación de la materia prima para obtener los productos finales, también se consideran como parte del proceso, las emisiones que se generan por el uso de solventes para limpieza y desengrase.

Para el cálculo de emisiones por proceso se tienen tres métodos de estimación:

- 1) Por factores de emisión, método utilizado en la mayoría de los casos.
- 2) Con resultados del muestreo en fuente.
- 3) Balance de materiales.

En los casos que se reporta algún equipo de control se requiere conocer la eficiencia del equipo para estimar las emisiones con control, sin control y totales.

Durante la cuantificación de emisiones, es necesario realizar conversión de unidades para adaptar el dato de materia prima o producto, a las unidades requeridas por el factor de emisión o del balance de materiales. Así mismo, es necesario tener en cuenta las características de cada proceso productivo, para elegir correctamente el factor de emisión.

En la figura 6 se presenta el diagrama de flujo para llevar a cabo el cálculo de emisiones por proceso.

Determinación de las emisiones de contaminantes criterio, proceso

Para la estimación de emisiones por proceso, se asocia algún proceso, actividad, materia prima o producto que sean generadores de emisión, esta estimación se realiza en la mayoría de los casos utilizando factor de emisión, debido a que la mayoría de las actividades productivas de la industria no se encuentran normadas.

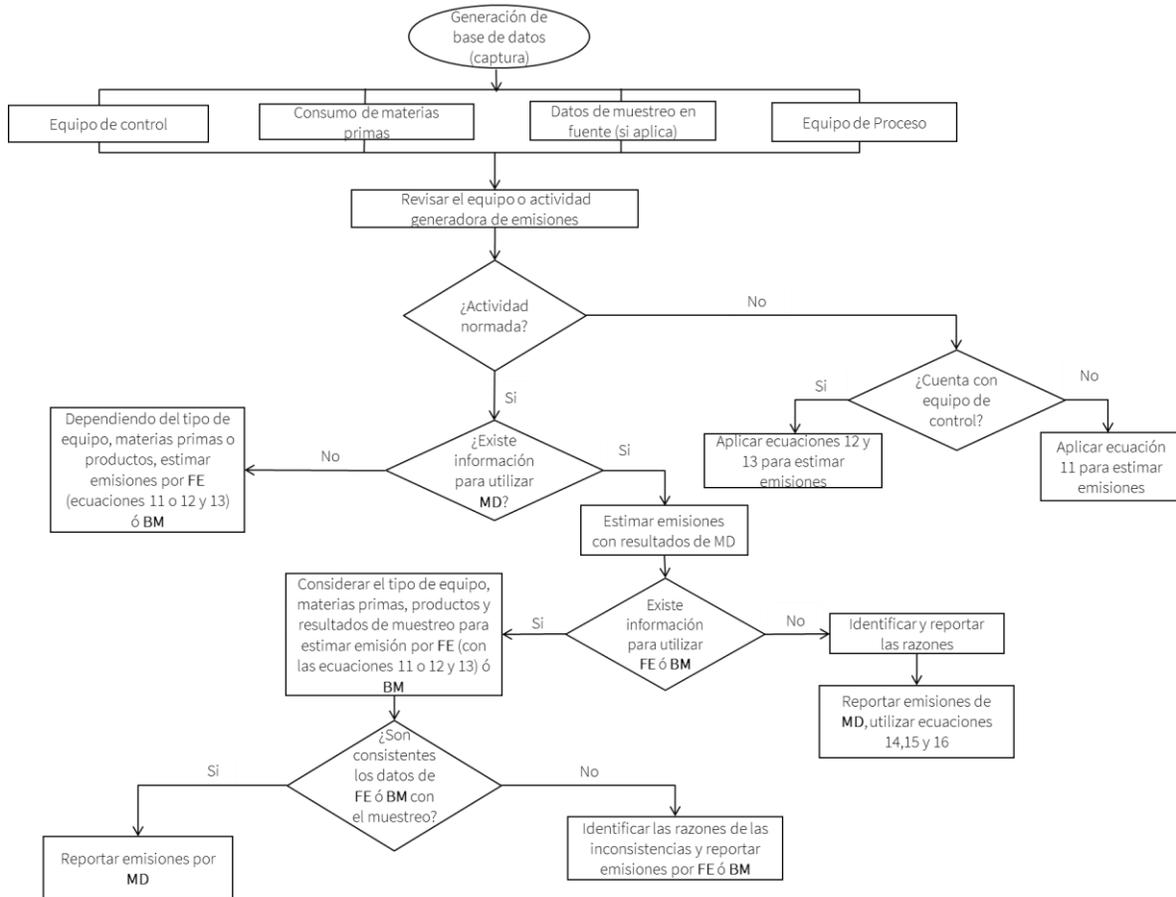
Metodología para la estimación de emisiones por Factor de emisión

El uso de factores de emisión para el cálculo de emisiones es un método comúnmente utilizado, ya que es necesario determinar la cantidad y tipo de contaminante emitido que proviene de la transformación de materias primas y el uso de productos, para los cuales no se tiene una medición en fuente, porque no es una actividad o proceso productivo normado.

Los datos requeridos para poder realizar el cálculo por factores de emisión son los siguientes:

- Identificar la actividad o equipo generador de emisiones
- Las materias primas utilizadas
- Los productos obtenidos
- Equipos de control

En los casos en que se reporta algún equipo de control se deberán tomar en cuenta para estimar las emisiones totales, controladas y sin control.



FE: Factor de Emisión

MD: Medición Directa, o medición en fuente

BM: Balance de materiales

Figura 6. Etapas para el cálculo de emisiones de proceso

Fuente: Elaboración propia.

Ecuaciones

La ecuación general para el cálculo de emisiones es la siguiente:

Ecuación 11. Cálculo de emisión por factor de emisión, de contaminantes criterio, por proceso

$$E_{i,j} = A_j * FE_{i,j} / 1000$$

Donde:

E_{ij} = Emisión anual de contaminante (i), del proceso (j), $\left[\frac{t}{año} \right]$

A_j = Actividad, materia prima o producto anual, del proceso (j) $\left[\frac{\text{dato de actividad}}{año} \right]$

FE_{ij} = Factor de emisión del contaminante (i), para el proceso (j), $\left[\frac{kg}{\text{dato de actividad}} \right]$

Cuando existe un equipo de control, las ecuaciones utilizadas son las siguientes:

Ecuación 12 Cálculo de emisión sin control, de contaminantes criterio, por proceso

$$E_{SC,i} = E_{i,j} * \left(1 - \left[\frac{EC_i}{100}\right]\right)$$

Donde:

$E_{SC,i}$ Emisión del contaminante (i) sin control, $\left[\frac{t \text{ contaminante}}{\text{año}}\right]$

$E_{i,j}$ = Emisión anual de contaminante (i), del proceso (j), $\left[\frac{t \text{ contaminante}}{\text{año}}\right]$

EC_i = Eficiencia del sistema de control del contaminante (i) [%]

100 = factor de conversión de porcentaje a fracción

Ecuación 13. Masa de contaminante retenida en el equipo de control, por proceso

$$E_{CC,i} = E_{i,j} - E_{SC,i} = E_{i,j} * \left[\frac{EC_i}{100}\right]$$

Donde:

$E_{CC,i,j}$ = Masa del contaminante (i) retenida en el equipo de control del proceso (j), $\left[\frac{t}{\text{año}}\right]$

$E_{i,j}$ = Emisión anual de contaminante (i), del proceso (j), $\left[\frac{t}{\text{año}}\right]$

$E_{SC,i,j}$ = Emisión del contaminante (i) del proceso (j), sin control $\left[\frac{t}{\text{año}}\right]$

Factores de emisión

Los factores de emisión se obtuvieron del *Emission Inventory Improvement Program* (EIIP), Vol. II, Ch. 14. *Uncontrolled Emission Factor Listing for Criteria Air Pollutants*⁷, el cual es un compendio de factores de emisión del AP42 de la U.S. EPA. Los factores representan las cantidades de contaminantes emitidos en un equipo.

Para la clasificación de los factores de emisión, la U.S. EPA desarrolló un código basado en categorías de emisión y descripción de procesos, el cual se conoce como *Source Code Clasification* (SCC)⁸, que permite desarrollar inventarios de emisiones con fines de modelación para la calidad del aire, de esta manera, los factores de emisión están asociados a un código SCC específico para las distintas actividades realizadas en la industria.

Por ejemplo, el SCC 3-02-002-21 que corresponde a la actividad de tostado de café por un proceso de combustión indirecta.

Así mismo, se utilizan los factores de emisión para estimar las emisiones por el uso de productos que contienen solventes, por ejemplo, pinturas, tintas, adhesivos, entre otros. Cabe mencionar que dichas emisiones también pueden estimarse por balance de materiales, esto dependerá de la

⁷ U.S. EPA (2001). *Air Emissions Inventory Improvement Program (EIIP). Volume 2. Chapter 14. Uncontrolled Emission Factor Listing for Criteria Air Pollutants*. U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Consultado en marzo de 2020, de: https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-08/documents/ii14_july2001.pdf.

⁸ U.S. EPA (2019). *Emissions factors for criteria and hazardous air pollutants for industrial and non-industrial processes. WebFIRE online database* [base de datos]. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Consultado en febrero de 2020, de: <https://cfpub.epa.gov/webfire/index.cfm?action=fire.downloadInBulk>.

disponibilidad de información sobre las características de los productos utilizados, para obtener el contenido de COV en dichos productos.

Es importante considerar en las actividades donde implique el uso de recubrimientos y tintas, se debe estimar la emisión por el uso del producto, más la emisión del solvente para adelgazamiento, que normalmente se usan para facilitar la aplicación del producto. Los factores de emisión de contaminantes criterio se muestran en las tablas 9 a la 13.

Metodología para la estimación de emisiones por medición en fuente

La estimación de emisiones por medición en fuente es factible cuando las industrias reportan el cumplimiento de la normatividad aplicable, en este caso de la NOM-043-SEMARNAT-1993⁹ referente a partículas suspendidas.

Los datos requeridos para calcular las emisiones son:

- Tipo y concentración del contaminante en el flujo de gases
- Gasto volumétrico
- Horas de operación al año del equipo
- Equipos de control con el porcentaje de eficiencia, para estimar las emisiones controladas y las no controladas

Cabe mencionar que, una vez obtenidas las emisiones provenientes de la medición en fuente, existen casos en donde es posible asociar la emisión medida con un SCC y con ello estimar la emisión por factores de emisión, para realizar una comparación con las emisiones estimadas y así tener una validación de los resultados.

Ecuaciones

La ecuación general para estimar las emisiones con datos de medición en fuente es la siguiente:

Ecuación 14. Cálculo de emisiones sin control, por medición en fuente, para proceso

$$E_{SC,i,j} = \frac{(H_j * Gv_j * C_{I,j} * P_i)}{10^9}$$

Ecuación 15. Cálculo de masa controlada, por medición en fuente, para proceso

$$E_{CC,i,j} = E_{SC,i,j} * \left(\frac{EC_i}{1 - EC_i} \right)$$

Ecuación 16. Cálculo de emisión total, por medición en fuente, para proceso

$$E_{TOT,i,j} = E_{SC,j,i} + E_{CC,j,i}$$

⁹ DOF (1993). *Norma Oficial Mexicana NOM-043-SEMARNAT-1993, que establece los límites máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas*. Diario Oficial de la Federación, México (DOF). Consultado en mayo de 2020, de: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4795450&fecha=22/10/1993.

Donde:

$E_{SC,i,j}$ = Emisión anual del contaminante (i) sin control, del proceso o equipo de proceso (j) $\left[\frac{t}{año} \right]$

$E_{CC,i,j}$ = Masa anual controlada del contaminante (i), del proceso o equipo de proceso (j), $\left[\frac{t}{año} \right]$

$E_{TOT,i,j}$ = Emisión anual total del contaminante (i), del proceso o equipo de proceso (j), $\left[\frac{t}{año} \right]$

H_j = Horas al año trabajadas del proceso o equipo de proceso (j) $\left[\frac{h}{año} \right]$

Gv_j = Gasto volumétrico de los gases del proceso o equipo de proceso (j), a condiciones normales de base seca $\left[\frac{m^3}{h} \right]$

$C_{i,j}$ = Concentración medida del contaminante (i), en la emisión del proceso o equipo de proceso (j), $\left[\frac{mg}{m^3} \right]$ para PST; [ppm volumen]

P_i = Factor de conversión de la concentración del contaminante (i) de ppmv a mg/m³ para:

$$P_{PST} = 1$$

$$P_{SO_2} = 2.62$$

$$P_{CO} = 1.14$$

$$P_{NOx} = 1.88$$

10⁹ = Factor de conversión de miligramos a toneladas

Estimación de PM10 Y PM2.5 a partir de PST

Para determinar la emisión de PM10 y PM2.5 a partir de PST, obtenida por medición en fuente o factor de emisión se utilizan las fracciones SCC, asociadas al proceso productivo, es la siguiente:

Ecuación 17. Cálculo de PM10 y PM2.5, con fracción de perfil asociado, proceso

$$E_{PM10,j} = E_{PM,j} * X_{\frac{PM10}{PST},j} \text{ --- PM10}$$

$$E_{PM2.5,j} = E_{PM,j} * X_{\frac{PM2.5}{PST},j} \text{ --- PM2.5}$$

Donde:

$E_{PM10,j}$ = Emisión anual de PM10, del proceso o equipo de proceso (j), $\left[\frac{t}{año} \right]$

$E_{PM2.5,j}$ = Emisión anual de PM2.5, del proceso o equipo de proceso (j), $\left[\frac{t}{año} \right]$

$E_{PM,j}$ = Emisión anual de PST, del proceso o equipo de proceso (j) $\left[\frac{t}{año} \right]$. Se calcula con ec.11 (FE) o ec.14,15 y16 (MD)

$X_{\frac{PM10}{PST},j}$ = Fracción de PM10 en PST, asociado al proceso (j), [fracción, adimensional]

$X_{\frac{PM2.5}{PST},j}$ = Fracción de PM2.5 en PST, asociado al proceso (j), [fracción, adimensional]

Estimación de COV a partir de COT

Para determinar la emisión COV a partir de COT, obtenida por medición en fuente o factor de emisión se utilizan las fracciones SCC, asociadas al proceso productivo, es la siguiente:

Ecuación 18. Cálculo de COV, con fracción de perfil asociado, proceso

$$E_{COV,j} = E_{COT,j} * X_{\frac{COV}{COT},j}$$

Donde:

$E_{COV,j}$ = Emisión anual de COV, del proceso o equipo de proceso (j), $\left[\frac{t}{año} \right]$

$E_{COT,j}$ = Emisión anual de COT, del proceso o equipo de proceso (j) $\left[\frac{t}{año} \right]$. Se calcula con ec.11 (FE) y ec.14,15 y16 (MD)

$X_{\frac{COV}{COT},j}$ = Fracción de COV en COT, asociado al proceso (j), [fracción, adimensional]

Determinación de eficiencia del equipo de control a partir de medición en fuente

Cuando no se conoce la eficiencia del equipo de control, pero es posible hacer mediciones en fuente en puertos de muestreo ubicados a la entrada y a la salida del equipo de control, es posible determinar su eficiencia con las siguientes ecuaciones:

Ecuación 19. Estimación de la emisión total, medida a la salida del equipo, antes del equipo de control.

$$E_{TOT,k,i} = \frac{(H_k * Gv_{0,k} * C_{0,i,k} * P_i)}{10^9} \quad \text{para combustión}$$

$$E_{TOT,j,i} = \frac{(H_j * Gv_{0,j} * C_{0,i,j} * P_i)}{10^9} \quad \text{para proceso}$$

Ecuación 20. Determinación de la eficiencia de un equipo de control con mediciones en fuente a la entrada y salida del equipo.

$$EC_i = \frac{E_{TOT,k,i} - E_{SC,k,i}}{E_{TOT,k,i}} \quad \text{para combustión}$$

$$EC_i = \frac{E_{TOT,j,i} - E_{SC,j,i}}{E_{TOT,j,i}} \quad \text{para proceso}$$

Donde:

EC_i = Eficiencia de control para el contaminante (i), (fracción adimensional)

$E_{SC,k,i}$ = se calcula con la ecuación 5, con datos del muestreo a la salida del equipo de control, $\left[\frac{t_{contaminante}}{\text{año}} \right]$

$E_{SC,j,i}$ = se calcula con la ecuación 14, con datos del muestreo a la salida del equipo de control, $\left[\frac{t_{contaminante}}{\text{año}} \right]$

$E_{TOT,k,i}$ = Emisión anual total del contaminante (i), del equipo (k), $\left[\frac{t_{contaminante}}{\text{año}} \right]$, estimada a la entrada del equipo de control.

$E_{TOT,j,i}$ = Emisión anual total del contaminante (i), del proceso (j), $\left[\frac{t_{contaminante}}{\text{año}} \right]$, estimada a la entrada del equipo de control.

$C_{0,i,k}$ = Concentración medida del contaminante (i), a la salida del equipo (k), antes del equipo de control, (ppm volumen o mg/m³)

$C_{0,i,j}$ = Concentración medida del contaminante (i), a la salida del proceso (j), antes del equipo de control, (ppm volumen o mg/m³)

$Gv_{0,k}$ = Gasto volumétrico de la emisión del equipo (k) antes del equipo de control, referido a condiciones normales de base seca $\left[\frac{m^3}{\text{horas}} \right]$

$Gv_{0,j}$ = Gasto volumétrico de la emisión del proceso (j) antes del equipo de control, referido a condiciones normales de base seca $\left[\frac{m^3}{\text{horas}} \right]$

P_i = Factor de conversión de la concentración del contaminante (i) de ppmv a mg/m³ para:

$$P_{PST} = 1$$

$$P_{SO_2} = 2.62$$

$$P_{CO} = 1.14$$

$$P_{NOx} = 1.88$$

10⁹ = Factor de conversión de miligramos a toneladas

Determinación de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, proceso

La metodología para estimar las emisiones de GEI de los procesos industriales, se obtuvo de las directrices del IPCC de 2006 para la elaboración de inventarios de gases de efecto invernadero, Volumen III Procesos Industriales y uso de productos¹⁰.

Las emisiones de gases de efecto invernadero, se obtuvieron a partir de la estimación de dióxido de carbono (CO₂), debido a que las actividades reportadas no cuentan con factores de emisión para metano (CH₄) ni óxido nitroso (N₂O). Además, se estimaron los compuestos Hidrofluorocarbonados (HFC) que son sustancias agotadoras de la capa de ozono.

También se consideraron las emisiones generadas por el uso de productos no energéticos de combustibles. Los productos considerados en el presente inventario incluyen las grasas y lubricantes, para los cuales se estimaron las emisiones de CO₂.

Metodología para estimar las misiones de GEI en procesos industriales

Para llevar a cabo el cálculo de las emisiones, se requiere de los datos de las materias primas utilizadas, así como de los productos reportados por cada fuente puntual; estos datos se toman del Anexo A de la Licencia Ambiental Única para la Ciudad de México (LAU-CDMX) para las industrias de jurisdicción local; y de la Cédula de Operación Anual (COA) para las industrias de jurisdicción federal.

Ecuación

Para calcular las emisiones de GEI, se utiliza la siguiente ecuación, que involucra el consumo de alguna materia prima y el factor de emisión:

Ecuación 21. Cálculo de emisión de GEI por proceso, asociado al uso de materias primas.

$$E_{g,m} = FE_{g,m,j} * M_{m,j}$$

Donde:

$E_{g,m}$ = Emisión del gas de efecto invernadero (g) asociado a la materia prima (m), $\left[\frac{t}{año} \right]$

$FE_{g,m,j}$ = Factor de emisión del gas de efecto invernadero (g) asociado a la materia prima (m) y a la actividad (j), $\left[\frac{t}{m^3} \right]$ o $\left[\frac{t}{t_i} \right]$

$M_{m,j}$ = Cantidad de materia prima (m) asociada a la actividad (j), $\left[\frac{t}{año} \right]$ o $\left[\frac{m^3}{año} \right]$

Cabe mencionar que para los GEI no se aplica el criterio de control de emisiones.

¹⁰ IPCC (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Vol. 3 Procesos industriales y uso de productos*. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Consultado en diciembre de 2019, de: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>.

Factores de emisión

Los factores de emisión empleados para el cálculo de las emisiones de CO₂ por proceso, se obtuvieron de las Directrices del IPCC para la elaboración de inventarios nacionales de GEI 2006¹¹, Volumen III Procesos Industriales y uso de productos, capítulos 2, 3 y 4; así como el capítulo 9 del AP42 de U.S. EPA¹², para la producción de cerveza.

Tabla 3. Factores de emisión por actividad (proceso)

Sector	Capítulo/Fuente	Actividad	Factor de emisión	Unidad	
325 Industria Química	3. Emisiones de la Industria Química. Directrices del IPCC 2006	Producción de Amoniaco	3272.5	t de CO ₂ /t de NH ₃	
		Producción de Rutilo sintético	1.43	t de CO ₂ /t de producto	
		Producción de Carbonato de Sodio	0.138		
		Producción de cal	Hidróxido de calcio Óxido de calcio y óxido de Magnesio	0.75 0.77	t de CO ₂ /t de cal producida
327 Fabricación de productos a base de minerales metálicos.	2. Emisiones de la industria de los minerales. Directrices del IPCC 2006	Producción de cemento	Carbonato (CaCO ₃) 0.52	t de CO ₂ /t de clinker	
		Producción de vidrio	Envases de vidrio	0.19	t de CO ₂ /t de vidrio
			Fibra de vidrio	0.25	
		Calcinación de dolomita	0.477	t de CO ₂ /t de mineral	
		Calcinación de carbonato de sodio	0.414		
		Calcinación de carbonato de calcio	0.439		
		Calcinación de carbonato de magnesio	0.521		
331 Industrias metálicas básicas	4. Emisiones de la industria de los metales. Directrices del IPCC 2006	Producción de zinc (proceso Waelz Kiln)	3.66	t de CO ₂ /t de zinc producido	
312 Industria de las bebidas y del tabaco	AP42. Capítulo 9. Industrias alimenticias y agrícolas	Producción de Cerveza	Tanque de envejecimiento Fermentación Línea de llenado	11.793 952.6 20.865	kg de CO ₂ /1000 barriles de cerveza

Metodología para estimar las misiones de GEI por el uso de grasas y lubricantes

Debido a que algunas empresas reportan el uso de grasas y lubricantes dentro de sus insumos, es necesario estimar las emisiones de CO₂ asociadas a esta actividad. Para tal caso, se empleó la metodología descrita en el Capítulo 5 Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes, de las Directrices del IPCC para la elaboración de inventarios nacionales de GEI 2006, Volumen III Procesos Industriales y uso de productos¹³.

Ecuación

La ecuación para calcular las emisiones por uso de lubricantes y aceites es la siguiente:

¹¹ IPCC (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Vol. 3, Cap. 2, 3, 4.* Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Consultado en diciembre de 2018, de: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>.

¹² U.S. EPA (1996). *Air Emissions Factors and Quantification AP 42 (5th ed.). Volume 1, Chapter 9. Food and Agricultural Industries, 9.12.1 Malt Beverages.* Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Consultado en diciembre de 2018, de: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-10/documents/c9s12-1.pdf>

¹³ IPCC (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Vol. 3, Cap. 5. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente.* Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Consultado en diciembre de 2018, de: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>.

Ecuación 22. Cálculo de emisiones por uso de lubricantes y aceites

$$E_{CO_2} = (LC) (CC_{\text{lubricante}}) (ODU) \left(\frac{44}{12}\right)$$

Donde:

E_{CO_2} = Emisión del CO₂ en [t/año]

LC = Consumo total del lubricante en [TJ]

$CC_{\text{lubricante}}$ = Contenido de carbono de los lubricantes, [t/TJ], para aceites lubricantes, $CC_{\text{lubricante}} = 20$ t/TJ

ODU = Factor ODU (basado en la composición por defecto de aceites y grasas), adimensional.

$ODU_{\text{lubricante}} = 0.2$

$ODU_{\text{grasas}} = 0.05$

44/12 = Cociente de masa del CO₂/C

Metodología para determinar las emisiones de HFC

La metodología para estimar los HFC se obtuvo de las Directrices del IPCC 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Vol. 3, Capítulo 5 Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes¹², que describen los niveles para estimar las emisiones de HFC, de acuerdo con la información con la que se cuenta para estimar esta categoría, corresponde a la recarga de refrigerante; **se utiliza el método de Nivel 2.**

El método de Nivel 2 toma en cuenta el intervalo entre el consumo y la emisión obedece al hecho de que una sustancia química se coloca en nuevos productos y con el tiempo se escapa lentamente. Este método es aplicado a las estimaciones del presente inventario, ya que se tiene datos de los HFC utilizados como materia prima para la elaboración de algún producto, como por ejemplo equipos de refrigeración.

Ecuación

La estimación de las emisiones de HFC se realiza mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 23. Cálculo de emisiones de HFC

$$E_{\text{carga}} = (M) \left(\frac{K}{100}\right)$$

Donde:

E_{carga} = Emisiones anuales de HFC por la fabricación/ensamblado del sistema, [kg/año] o [t/año]

M = HFC cargado en los equipos nuevos, (por sub-aplicación), [kg]

K = Factor de emisión de las pérdidas de HFC cargado en los equipos nuevos durante el ensamblado (por sub-aplicación), porcentaje.

Factores de emisión

Los factores de emisión empleados para el cálculo de HFC se obtuvieron de las Directrices del IPCC 2006 para la elaboración de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Vol. 3, Capítulo 7, Cuadro 7.9¹⁴, los cuales se presentan a continuación:

¹⁴ IPCC (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Vol. 3, Cap. 7. Emisiones de los sustitutos fluorados para las sustancias que agotan la capa de ozono.* Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Consultado en diciembre de 2018, de: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

Tabla 4. Factores de emisión de HFC

Sector / actividad generadora de HFC	Sub-aplicación (asociado con base en la actividad generadora de HFC)	Factor de emisión k (%)
Reparación y mantenimiento a sistemas de refrigeración	Refrigeración industrial y comercial, incluido alimentos a baja temperatura	1.75
Mantenimiento a vehículos (aire acondicionado)	Aire acondicionado automotriz	0.35
Fabricación de refrigeradores	Refrigeradores nuevos	1.75

Cálculo de las emisiones de contaminantes tóxicos

Las emisiones de compuestos tóxicos se obtuvieron a partir de la especiación de las emisiones de PM10 y de COT, posteriormente se identificaron las especies tóxicas.

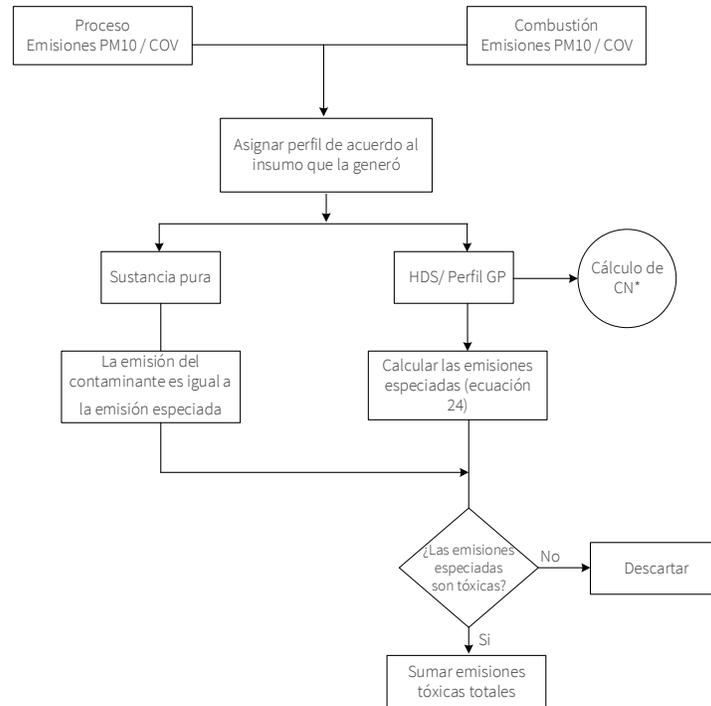
La información obtenida a través de la LAU-CDMX, fue suficientemente detallada para determinar emisiones por actividad industrial. Como se menciona en apartados anteriores, se estiman las emisiones de acuerdo con la actividad principal de la empresa y a los insumos reportados, por lo que es posible identificar la actividad emisora para asignar un perfil de emisión asociado a dicha actividad.

Respecto a las emisiones de las industrias locales del Estado de México, así como a las industrias federales, se cuenta sólo con la emisión desagregada por combustión y proceso, es decir, no es posible identificar la actividad específica que genera la emisión, es por ello que se asumen consideraciones generales para estimar los tóxicos.

Por lo anterior se tienen tres métodos de estimación para realizar la estimación de contaminantes tóxicos:

- 1) Estimación utilizando perfiles de emisión por actividad específica o giro industrial
- 2) Estimación para especies puras
- 3) Estimación utilizando ficha técnica u hoja de seguridad del material

La metodología general de cálculo de emisiones tóxicas del Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México se resume en el siguiente diagrama:



HDS: Hoja de seguridad

CN: Carbono negro

Perfil GP: Perfil de especiación de una actividad determinada

Figura 7. Metodología general de cálculo de emisiones tóxicas

Fuente: Elaboración propia.

Ecuación

Para calcular la emisión por especie, se multiplica la emisión de cada actividad (combustión o proceso), por la fracción de la especie obtenida del perfil de emisión:

Ecuación 24. Especiación de emisiones

$$EE_{l,p} = (FP_{l,p})(EP_p)$$

Considerar que

$$\sum EE_{l,p} = EP_p, \quad \sum FP_{l,p} = 1$$

Donde:

$EE_{l,p}$ = emisión de la especie (l), asociada al proceso o combustión (p), en [t/año],

$FP_{l,p}$ = fracción de la especie (l), del perfil de especiación de proceso o combustión (p), [fracción adimensional], (0-1)

EP_p = emisión de PM10 o COT a especiarse, asociada al proceso o combustión (p), en [t/año].

Método de estimación para especies puras

En este método, se considera la emisión de la materia prima o solvente que fue emitida sin alteración o mezcla, por ejemplo, la emisión de acetona para limpieza o de alcohol etílico para esterilización.

Método de estimación utilizando hoja de seguridad

Cuando las empresas proporcionan la hoja de seguridad para sus insumos, o bien, es un insumo de uso común y se cuenta con una hoja de seguridad, se procede a especificar dichas sustancias por este método.

Por ejemplo, en el caso del thinner, su composición está reportada a manera de perfil de especiación, indicando las especies que lo componen y sus fracciones.

Clasificación de sustancias tóxicas

Una vez obtenida la emisión especiada de cada empresa, se clasifica por especies en tóxicas, de acuerdo con los listados nacionales e internacionales de sustancias tóxicas.

Para el presente Inventario se consideraron como tóxicos 119 compuestos químicos. Para clasificar tóxicos se consultaron los siguientes listados:

- *Toxics Release Inventory Program (TRI)*, U.S. EPA (2015)¹⁵.
- Listado original de contaminantes atmosféricos peligrosos, U.S. EPA (2016)¹⁶.
- Lista inicial de contaminantes atmosféricos tóxicos, basado en el *Clean Air Act*, U.S. EPA (1990)¹⁷.
- Lista consolidada de listados de compuestos sujetos a la Ley de Planificación de Emergencias y Derecho a Saber de la Comunidad (EPCRA); Ley Integral de Respuesta Ambiental, compensación y Responsabilidad (CERCLA); Acta el Aire Limpio, sección 112(r), U.S. EPA (2020)¹⁸.

Los perfiles de especiación se obtuvieron de diferentes fuentes:

- Perfiles de especiación de partículas y Gases orgánicos, del Sistema de Desarrollo y Reporte de Inventarios de Emisiones de California, por sus siglas en inglés (CEIDARS, 2020)¹⁹.
- Base de datos de Perfiles de especiación de compuestos orgánicos totales y de partículas, del *SPECIATE* versión 5.0 (U.S. EPA, 2020)²⁰.

¹⁵ U.S. EPA (2015). *Toxics Release Inventory Program (TRI). Versión 2015 [base de datos]*. U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Consultado en noviembre de 2020, de: <http://www.epa.gov/toxics-release-inventory-tri-program/tri-listed-chemicals>.

¹⁶ U.S. EPA (2016). *Original list of hazardous air pollutants*. U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Consultado en diciembre de 2020, de: <http://www3.epa.gov/airtoxics/188polls.html>.

¹⁷ U.S. EPA (1990). *Initial List of Hazardous Air Pollutants, based on Clean Air Act*. U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Consultado en diciembre de 2020, de: <https://www.epa.gov/haps/initial-list-hazardous-air-pollutants-modifications>.

¹⁸ U.S. EPA (2020). *Consolidated List of Lists under Emergency Planning and Community Right-To-Know Act (EPCRA); Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act (CERCLA); Clean Air Act Section 112r (CAA §112). Versión 2020 [base de datos]*. U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Consultado en noviembre de 2020, de: <https://www.epa.gov/epcra/consolidated-list-lists-under-epcra-cerclaa-ss112r-august-2020-version>.

¹⁹ ARB (2018). *California Emission Inventory Development and Reporting System (CEIDARS). Speciation profiles used in ARB modeling – Particulate Matter and Organic Gas Speciation Profiles [base de datos]*. California Air Resources Board (ARB). Consultado en agosto de 2020, de: <https://ww2.arb.ca.gov/speciation-profiles-used-carb-modeling>.

²⁰ U.S. EPA (2019a). *Organic gas and particulate matter (PM) speciation profiles of air pollution sources SPECIATE V.5.0 [base de datos]*. U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Consultado en noviembre de 2020, de: <https://www.epa.gov/air-emissions-modeling/speciate-2>.

- CARB, Baking operations (APCD-California, 1998)²¹.
- Perfiles de emisión local determinados por el IMP-SEDEMA (2016)²², Mugica, V. (1999)²³, Mugica, V. et al. (2002)²⁴, Vega, E. et al. (2001)²⁵, así como hojas de seguridad (HDS) de diversos insumos.

Estimación de emisiones de carbono negro

El carbono negro forma parte de las partículas menores a 2.5 µm (PM2.5), por lo tanto, las emisiones de carbono negro de las fuentes puntuales se obtuvieron a partir del cálculo de las emisiones de PM2.5, aplicando las fracciones correspondientes al carbono negro de sus perfiles de especiación.

La metodología general de estimación de emisiones de las fuentes puntuales es similar a la estimación de contaminantes tóxicos (metales), ya que se utilizan perfiles de especiación de PM2.5, como se muestra en el diagrama (Figura 8).

Ecuación 25. Cálculo de carbono negro, combustión

$$Ecn_{c,k} = (Fcn_c)(E_{PM2.5,k,c})$$

Donde:

$Ecn_{c,k}$ = Emisión de CN, asociado al combustible (c), del equipo (k)

Fcn_c = Fracción de CN, del perfil de PM2.5 del combustible (c), [adimensional]

$E_{PM2.5,k,c}$ = emisión de PM2.5, del equipo (k), por uso del combustible (c)

Ecuación 26. Cálculo de carbono negro, proceso

$$Ecn_{j,m} = (Fcn_m)(E_{PM2.5,j,m})$$

Donde:

$Ecn_{j,m}$ = emisión de CN, del proceso o equipo de proceso (j), asociada a la materia prima (m)

Fcn_m = Fracción de CN, del perfil de PM2.5 asociado a la materia prima (m), [adimensional]

$E_{PM2.5,j,m}$ = emisión de PM2.5, del proceso o equipo de proceso (j), asociada a la materia prima (m)

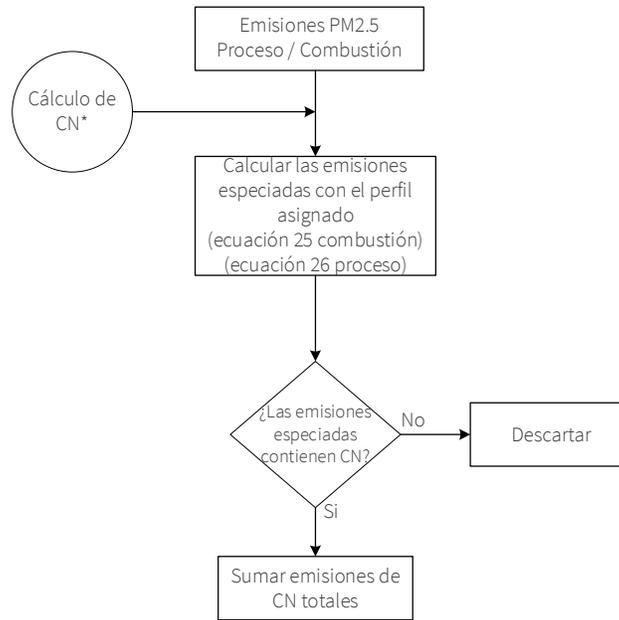
²¹ APCD-California, 1998 CARB. Baking operations, Air Pollution Control District of San Diego, 1998 <http://www.sdapcd.org/toxics/emissions/baking/baking1.pdf>

²² IMP-SEDEMA (2016). *Diagnóstico de equipos a gas L.P. y actualización de factores de emisión de fugas y combustión de gas L.P. en viviendas*. Informe del proyecto FAP CPSF/0126/2016-FA, preparado por el Instituto Mexicano del Petróleo para la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA).

²³ Mugica, V. (1999). *Determinación de los Perfiles de Emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles en la ZMCM y su aplicación en el modelo CMB*. Tesis de doctorado. México, D.F.: Universidad Autónoma de México. Consultado en julio de 2020, de: <http://132.248.9.195/pd1999/273405/273405.pdf>.

²⁴ Mugica, V. et al. (2002). Receptor model source apportionment of nonmethane hydrocarbons in Mexico City. *The Scientific World Journal*, 2, 844-860. Consultado en julio de 2020, de: <https://doi.org/10.1100/tsw.2002.147>.

²⁵ Vega, E. et al. (2001). Chemical composition of dust emitters in Mexico City. *Atmospheric Environment*, 35 (23), 4033-4039. Consultado en julio de 2020, de: [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(01\)00164-9](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(01)00164-9).



CN: Carbono negro

Figura 8. Metodología de cálculo de emisiones de carbono negro

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Factores de emisión para la industria textil

SCC	Nombre del proceso	Kg/unidad	Unidad
Operaciones de fabricación generales misceláneas		COV	
3-30-001-02	Teñido	128.82	Toneladas de material procesadas
Impregnación de hule/caucho		COV	
3-30-002-12	Recubrimiento húmedo	544.3	Toneladas de recubrimiento aplicado
3-30-002-14	Mezcla de recubrimiento húmedo	54.4	Toneladas de recubrimiento mezclado
Cuero y productos del cuero		COV	
3-20-999-98	Otros no clasificados	8.6	Litros de material procesado
Operaciones de recubrimiento de superficies			
Revestimiento de telas		COV	
4-02-011-01	Operaciones de revestimiento	907.2	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-011-05	Limpieza del equipo	907.2	Toneladas de solvente en el recubrimiento
Impresión en telas		COV	
4-02-011-11	Impresión en telas por rodillo	128.8	Toneladas de tela
4-02-011-12	Impresión en telas por rodillo (2)	126,098.6	Líneas de impresión
4-02-011-13	Impresión en telas por pantalla rotatoria	20.9	Toneladas de tela
4-02-011-14	Impresión en telas por pantalla rotatoria (2)	28,122.7	Líneas de impresión
4-02-011-15	Impresión en telas por pantalla plana	71.7	Toneladas de tela
4-02-011-16	Impresión en telas por pantalla plana (2)	28,122.7	Líneas de impresión
4-02-011-99	Otros no clasificados	907.2	Toneladas de solvente en el recubrimiento
Fabricación de pinturas		PM₁₀	
3-01-014-02	Manejo de pigmentos	9.1	Toneladas de pigmento procesado

Tabla 6. Factores de emisión para la industria de la Madera y productos de madera, incluye muebles

SCC	Nombre del proceso	kg/unidad				Unidad
Operaciones de triplay/aglomerados		PM ₁₀	SO ₂	NO _x	COV	
3-07-007-03	Secado aglomerado	0.16	-	-	-	Toneladas procesadas
3-07-007-04	Secado de porta tabla	-	0.78	5.17	18.55	1000 metros cúbicos
3-07-007-05	Tabla roca: secador	-	-	0.14	-	Toneladas de producto seco
3-07-007-06	Tabla roca: presecador	-	-	0.03	-	Toneladas de producto seco
3-07-007-09	Tabla roca: estufa de secado	-	-	0.05	1.4E-3	Toneladas de producto seco
Operaciones varias de trabajo de madera		PM ₁₀				
3-07-030-01	Venteo de tolva de almacenamiento de desecho de madera	0.26				Toneladas procesadas
3-07-030-02	Llenado externo de tolva de almacenamiento de desecho de madera	0.54				Toneladas procesadas
Operaciones de recubrimiento de superficies		COV				
Recubrimiento de superficies de muebles de madera		COV				
4-02-019-01	Operación de recubrimiento (c, COV)	907.2				Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-019-03	Mezcla de recubrimiento	907.2				Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-019-99	Otros no clasificados	907.2				Toneladas de solvente en el recubrimiento

Tabla 7. Factores de emisión para la Industria del papel y productos del papel, imprentas y editoriales

SCC	Nombre del proceso	kg/unidad		Unidad
Operaciones de recubrimientos superficiales				
SCC	Nombre del proceso	kg/Unidad		Unidad
Aplicación de recubrimientos superficiales		COV		
4-02-007-01	Gral. Aplicación de adhesivo	576.58		Toneladas de recubrimiento aplicado
Impresión/publicidad. Proceso de impresión				
Secadores		COV	NO _x	
4-02-007-01	Secador: General	907.2	25.8	Toneladas de solvente en la tinta
Impresión		COV		
4-05-002-01	Impresión Tipográfica 2751	108		Toneladas de tinta
4-05-002-11	Impresión Tipográfica 2751	544.3		Toneladas de solvente en tinta
4-05-002-12	Impresión Tipográfica 2751	0.7		Galones Tinta Usado
4-05-003-01	Flexográfica 2751	322.5		Toneladas de tinta
4-05-003-11	Flexográfica 2751	866.4		Toneladas de solvente en tinta
4-05-003-12	Flexográfica 2751	2		Galones Tinta Usado
4-05-003-14	Flexográfica Limpieza con Alcohol Propílico	907.2		Toneladas de solvente consumido
4-05-004-01	Litográfica 2752	89.8		Toneladas de tinta
4-05-004-11	Litográfica 2752	453.6		Toneladas de solvente en tinta
4-05-004-12	Litográfica 2752	0.6		Galones Tinta Usado
4-05-005-01	Fotgrabado 2754	322.5		Toneladas de tinta
4-05-005-11	Fotgrabado 2754	866.4		Toneladas de solvente en tinta
4-05-005-12	Fotgrabado 2754	2		Galones Tinta Usado
4-05-005-13	Fotgrabado 2754	5.6		Litros de tinta base solvente.
Solventes adelgazantes de la tinta		COV		
4-05-002-02	Keroseno	907.2		Toneladas solvente añadido
4-05-002-03	Espíritus Minerales	907.2		Toneladas solvente añadido
4-05-003-02	Carbitol	907.2		Toneladas solvente añadido
4-05-003-03	Celosolve	907.2		Toneladas solvente añadido
4-05-003-04	Alcohol Etílico	907.2		Toneladas solvente añadido
4-05-003-05	Alcohol Isopropílico	907.2		Toneladas solvente añadido
4-05-003-06	Alcohol N-Propílico	907.2		Toneladas solvente añadido
4-05-003-07	Nafta	907.2		Toneladas solvente añadido
4-05-005-02	Dimetil-formamida	907.2		Toneladas solvente añadido
4-05-005-03	Acetato de Etilo	907.2		Toneladas solvente añadido

SCC	Nombre del proceso	kg/unidad	Unidad
4-05-005-06	Metil, Etil Cetona	907.2	Toneladas solvente añadido
4-05-005-07	Metil, Isobutil Cetona	907.2	Toneladas solvente añadido
4-05-005-10	Tolueno	907.2	Toneladas solvente añadido
4-05-005-99	Otros no clasificados	907.2	Toneladas de solvente añadido

Tabla 8. Factores de emisión de Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón

SCC	Nombre del proceso	kg/Unidad	Unidad
Productos minerales			
Dosificación de concreto		PM₁₀	
3-05-011-07	Descarga de cemento al silo de almacenamiento elevado	0.21	Toneladas de cemento procesadas
3-05-011-10	Carga de camión de mezcla	0.14	Toneladas de cemento procesadas
3-05-011-01	Emisiones totales de la instalación, excepto polvo de la carretera y polvo arrastrado por el viento	0.05	yd ³ de concreto producido

Tabla 9. Factores de emisión de Productos metálicos

SCC	Nombre del proceso	kg/unidad	Unidad
Soldadura		PM₁₀	
3-09-051-04	Aplicación de soldadura	81.6	Toneladas de soldadura

Tabla 10. Factores de emisión para la Industria alimenticia, bebidas y tabaco

SCC	Nombre del proceso	kg/unidad	Unidad
Molido de trigo		PM₁₀	
3-02-007-31	Recibo de grano camión sencillo	0.03	Toneladas de grano recibido
3-02-007-31	Recibo de grano automotor	3.5E-03	Toneladas de grano recibido
3-02-007-31	Recibo de grano tolva de camión	3.5E-03	Toneladas de grano recibido
3-02-007-32	Preimpregnado/Manejo	2.18E-04	1000 ft ² -h Área de superficie Operado
3-02-007-34	Molino	15.88	Toneladas de grano recibido
Maíz: Molido en seco			
3-02-007-41	Recibo de grano	0.03	Toneladas de grano recibido
3-02-007-42	Secado de estante de grano	0.02	Toneladas de grano recibido
3-02-007-43	Prelimpieza/manejo	0.02	Toneladas de grano recibido
3-02-007-44	Limpieza	0.01	Toneladas de grano recibido
Maíz: Molido húmedo			
3-02-007-51	Recibo de grano	0.45*	Toneladas de grano recibido
3-02-007-52	Manejo de grano	0.4*	Toneladas de grano recibido
3-02-007-53	Limpieza de grano	0.7*	Toneladas de grano recibido
3-02-007-54	Secador	0.13	Toneladas de grano recibido
Avena / Molino			
3-02-007-60	Recepción de grano	0.03	Toneladas de grano recibido
Arroz / Molino			
3-02-007-71	Recibo de grano	0.3*	Toneladas de grano recibido
3-02-007-72	Pre-limpieza/manejo	2.3*	Toneladas de grano recibido
3-01-007-73	Secado	0.01	Toneladas de grano recibido
Manufactura de alimentos			
3-02-008-04	Manejo	2.5*	Toneladas de grano recibido
3-02-008-05	Molido	0.03	Toneladas de grano recibido
3-02-008-06	Enfriador de polvos	0.05	Toneladas de grano recibido
Producción de cerveza		PM₁₀	COV
3-02-009-01	Manejo de grano	1.4*	-
3-02-009-02	Secado de grano agotado	0.15	0.33
3-02-009-05	Secado de malta	0.01	-
Fermentación de whisky		PM₁₀	COV
3-02-010-01	Manejo de grano	1.4*	-

SCC	Nombre del proceso	kg/unidad	Unidad
3-02-010-02	Secado de grano	2.3*	Toneladas de grano procesado
3-02-010-03	Envejecimiento	-	Litros (barriles (50 galones procesados)
Vinos, brandys y alcohol		COV	
3-02-011-05	Fermentación del vino blanco	0.8	1000 galones producidos
3-02-011-06	Fermentación del vino tinto	2.1	1000 galones producidos
Procesamiento de cacahuates		NO_x	
3-02-017-99	Otros no clasificados	0.03	Toneladas procesadas
Procesamiento de aceite vegetal		COV	
3-02-019-06	General: Aceite de maíz	8.48	Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-07	General: Aceite de semilla de algodón	7.94	Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-09	General: Aceite de cacahuete	9.39	Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-16	Extracción de aceite	7.62	Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-17	Preparación de harina	0.50	Toneladas alimentadas al extractor
3-02-019-18	Refinación de aceite	0.21	Toneladas alimentadas al extractor
Panaderías		COV	
3-02-032-01	Cocido de pan: proceso de esponjamiento	5.00	Toneladas de pan horneadas
3-02-032-02	Cocido de pan: proceso de amasado	0.50	Toneladas de pan horneadas
Proceso de tabaco		SO₂	COV
3-02-033-99	Otros no clasificados	0.22	Toneladas de producto
Cereal		PM₁₀	
3-02-040-01	Secado	0.30	Toneladas secadas

*La fuente de información establece FE para PM. Para obtener el valor de FE de PM10 se utiliza la fracción de PM10 en PST.

Tabla 11. Factores de emisión de la Industria química, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico

SCC	Descripción	Contaminante	Unidad
Manufactura química			
Limpiadores químicos		PM₁₀	COV
3-01-009-01	Secado por aspersión: Jabones y detergentes	40.8*	0.023 Toneladas producidas
Fabricación de pinturas		PM₁₀	COV
3-01-014-01	Mezcla y manejo general	9.1*	13.608 Toneladas de pintura producida
3-01-014-02	Manejo de pigmentos	9.1*	- Toneladas de pigmento procesado
Fabricación de barnices		COV	
3-01-015-01	Adecuación de aceite	18.14	Toneladas producidas
3-01-015-02	Óleo resinas	68.04	Toneladas producidas
3-01-015-03	Alquidálicas	72.57	Toneladas producidas
3-01-015-05	Acrílicas	9.07	Toneladas producidas
Manufactura de tintas de impresión		PM₁₀	COV
3-01-020-01	Vehículo de cocimiento: General	-	54.43 Toneladas producidas
3-01-020-02	Vehículo de cocimiento: Aceites	-	18.14 Toneladas producidas
3-01-020-03	Vehículo de cocimiento: Olefinas	-	68.04 Toneladas de material producido
3-01-020-04	Vehículo de cocimiento: Alquidálicos	-	72.57 Toneladas producidas
3-01-020-05	Mezcla de pigmentos	0.9*	2.812 Toneladas de pigmento
Hule y productos plásticos misceláneos. Grupos principales			
Manufactura de llantas		COV	
3-08-001-01	Encementado de cara lateral y área de huella	104.33	1000 unidades producidas
3-08-001-02	Vulcanizado por inmersión	6.03	1000 unidades producidas
3-08-001-03	Vulcanizado de cuerdas	8.30	1000 unidades producidas
3-08-001-04	Construcción de llanta	32.93	1000 unidades producidas
3-08-001-05	Encementado de área de huella	15.06	1000 unidades producidas
3-08-001-06	Atomización llanta (green tire spraying)	136.98	1000 unidades producidas
3-08-001-07	Curado de llanta	2.00	1000 unidades producidas
3-08-001-08	Mezclado de solventes	4.90	Toneladas de solvente
3-08-001-20	Encementado de área de huella y cara lateral	816.47	Toneladas de solvente usado
3-08-001-21	Encementado de huella y acabado final	816.47	Toneladas de solvente usado
3-08-001-22	Vulcanizado final	816.47	Toneladas de solvente usado

SCC	Descripción	Contaminante	Unidad
3-08-001-23	Secado final de llanta	834.61	Toneladas de solvente usado
Reencauchado		COV	
3-08-005-01	Máquinas de raspado de cuero	272.16	1000 unidades procesadas
Fabricación de productos plásticos		COV	
3-08-007-01	Mecanizado de plásticos: taladrado / lijado / aserrado / etc.	5.90	Toneladas de material procesadas
3-08-007-03	Consumo de solvente	294.38	Toneladas de solvente usado
3-08-007-04	Consumo de adhesivo	294.38	Toneladas de adhesivo aplicado
Operaciones de recubrimiento de superficies			
Revestimiento superficial de partes plásticas		COV	
4-02-022-01	Recubrimiento	907.18	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-022-03	Mezclado del recubrimiento	907.18	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-022-05	Limpieza del equipo	907.18	Toneladas de solvente en el recubrimiento
4-02-022-99	Otros no clasificados	907.18	Toneladas de solvente en el recubrimiento

Tabla 12. Otros factores para recubrimientos superficiales (emisiones evaporativas)

SCC	Nombre del proceso	kg/unidad	Unidad
Operaciones de recubrimiento de superficies			
Aplicación de recubrimientos superficiales – General		COV	
40200101	Pinturas: Base Solvente	508.02	Toneladas Mezcla de revestimiento Aplicado
40200110	Pinturas: Base Solvente	2.54	Galones Revestimiento Procesado
40200201	Pinturas: Base Agua	111.58	Toneladas Mezcla de revestimiento Aplicado
40200210	Pinturas: Base Agua	0.59	Galones Revestimiento Procesado
40200301	General: Barniz/Laca	453.59	Toneladas Mezcla de revestimiento Aplicado
40200310	General: Barniz/Laca	1.5	Galones Revestimiento Procesado
40200401	General: Laqueado	698.53	Toneladas Mezcla de revestimiento Aplicado
40200410	General: Laqueado	2.77	Galones Revestimiento Procesado
40200501	General: Esmaltado	381.02	Toneladas Mezcla de revestimiento Aplicado
40200510	General: Esmaltado	1.59	Galones Revestimiento Procesado
40200601	General: Primer	598.74	Toneladas Mezcla de revestimiento Aplicado
40200610	General: Primer	2.99	Galones Revestimiento Procesado
40200701	General: Aplicación de Adhesivo	576.06	Toneladas Mezcla de revestimiento Aplicado
Solventes adelgazantes		COV	
40200922	Tolueno	907.2	Toneladas de solvente usado
40200924	Xileno	907.2	Toneladas de solvente usado

Tabla 13. Claves de los perfiles de especiación

Clave Perfil	Nombre de perfil	Combustión/ Proceso/ Misceláneo	Fuente perfil COT	Fuente perfil PM10	Fuente perfil PM2.5
GPc01	Combustión combustóleo ligero	Combustión	SPECIATE V4.5. External Combustion Boiler - Residual Oil	ARB (2018). CEIDARS. Fuel Combustion - Residual	ARB (2018). CEIDARS. Fuel Combustion - Residual
GPc02	Combustión combustóleo pesado	Combustión	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. External Combustion Boiler - Residual Oil	ARB (2018). CEIDARS. Fuel Combustion - Residual	ARB (2018). CEIDARS. Fuel Combustion - Residual
GPc03	Combustión coque de petróleo	Combustión	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. External Combustion Boiler - Coke Oven Gas	ARB (2018). CEIDARS. Coal/Coke Combustion	ARB (2018). CEIDARS. Coal/Coke Combustion
GPc04	Combustión carbón mineral	Combustión	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Coal-Fired Boiler - Industrial	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Uncontrolled Coal-Fired Power Plant Composite	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Uncontrolled Coal-Fired Power Plant Composite
GPc05	Combustión diésel	Combustión	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. External Combustion Boiler - Distillate Oil	ARB (2018). CEIDARS. Fuel Combustion - Distillate	ARB (2018). CEIDARS. Fuel Combustion - Distillate
GPc06	Combustión gasolina	Combustión	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Industry Average (circa 1990) Gasoline Exhaust	ARB (2018). CEIDARS. STAT. I.C. Engine - Gasoline	ARB (2018). CEIDARS. STAT. I.C. Engine - Gasoline
GPc07	Combustión gas LP	Combustión	IMP-SEDEMA (2016).	ARB (2018). CEIDARS. Gaseous Material Combustion	ARB (2018). CEIDARS. Gaseous Material Combustion
GPC08	Combustión gas natural	Combustión	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. External Combustion Boiler - Natural Gas	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Natural Gas Combustion - Simplified	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Natural Gas Combustion - Simplified
GPc09	Combustión petróleo diáfano	Combustión	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. External Combustion Boiler - Residual Oil	ARB (2018). CEIDARS. Fuel Combustion - Residual	ARB (2018). CEIDARS. Fuel Combustion - Residual
GPc10	Combustión gasóleo	Combustión	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. External Combustion Boiler - Distillate Oil	ARB (2018). CEIDARS. Fuel Combustion - Distillate	ARB (2018). CEIDARS. Fuel Combustion - Distillate
GPc11	Combustión Biogás	Combustión	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. External Combustion Boiler - Natural Gas	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Natural Gas Combustion - Simplified	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Natural Gas Combustion - Simplified
GPc12	Combustión GLP-Rosticerías	Combustión	Mugica V. (1999). Rosticerías	ARB (2018). CEIDARS. Gaseous Material Combustion	ARB (2018). CEIDARS. Gaseous Material Combustion
GPc13	Combustión GLP-Tortillerías	Combustión	Mugica V. (1999). Tortillerías	ARB (2018). CEIDARS. Gaseous Material Combustion	ARB (2018). CEIDARS. Gaseous Material Combustion
GPc14	Combustión GLP-Restaurantes	Combustión	Mugica V. (1999). Restaurantes	ARB (2018). CEIDARS. Gaseous Material Combustion	ARB (2018). CEIDARS. Gaseous Material Combustion
GPc15	Combustión leña	Combustión	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Residential Wood Combustion	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Residential Wood Combustion - Simplified	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Residential Wood Combustion - Simplified
GPc16	Combustión carbón vegetal	Combustión	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Biomass Burning - Charcoal Burning	SPECIATE V4.5. Underfired charbroiler - Chicken	SPECIATE V4.5. Underfired charbroiler - Chicken
GPc17	Combustión gas LP-Comedores	Combustión	IMP-SEDEMA (2016).	ARB (2018). CEIDARS. Gaseous Material Combustion	ARB (2018). CEIDARS. Gaseous Material Combustion
GPc18	Combustión Leña-Horno ladrillero	Combustión	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Residential Wood Combustion	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Brick Making Kiln	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Brick Making Kiln
GPp01	Industria de la carne	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Consumer and Commercial Products: Miscellaneous Products: Pressurized Food Products	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Food And Agriculture - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Food And Agriculture - Average
GPp02	Elaboración de productos lácteos	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Consumer and Commercial Products: Miscellaneous Products: Pressurized Food Products	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Food And Agriculture - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Food And Agriculture - Average

GPp03	Elaboración de conservas alimenticias	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Consumer and Commercial Products: Miscellaneous Products: Pressurized Food Products	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Food And Agriculture - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Food And Agriculture - Average
GPp04	Beneficio y molienda de cereales y otros productos agrícolas	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Fermentation Processes	ARB (2018). CEIDARS. Feed And Grain Operations	ARB (2018). CEIDARS. Feed And Grain Operations
GPp05	Elaboración de productos de panadería	Proceso	APCD-California, 1998. CARB, Baking operations	ARB (2018). CEIDARS. Feed And Grain Operations	ARB (2018). CEIDARS. Feed And Grain Operations
GPp06	Molienda de nixtamal y fabricación de tortillas	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Fermentation Processes	ARB (2018). CEIDARS. Feed And Grain Operations	ARB (2018). CEIDARS. Feed And Grain Operations
GPp07	Fabricación de aceites y grasas comestibles	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Consumer and Commercial Products: Miscellaneous Products: Pressurized Food Products	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Food And Agriculture - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Food And Agriculture - Average
GPp08	Fabricación de cocoa, chocolate y artículos de confitería	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Consumer and Commercial Products: Miscellaneous Products: Pressurized Food Products	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Food And Agriculture - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Food And Agriculture - Average
GPp09	Elaboración de otros productos alimenticios para el consumo humano	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Consumer and Commercial Products: Miscellaneous Products: Pressurized Food Products	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Food And Agriculture - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Food And Agriculture - Average
GPp10	Elaboración de alimentos preparados para animales	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Consumer and Commercial Products: Miscellaneous Products: Pressurized Food Products	ARB (2018). CEIDARS. Feed And Grain Operations	ARB (2018). CEIDARS. Feed And Grain Operations
GPp11	Industria de las bebidas alcohólicas	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Fermentation Processes	ARB (2018). CEIDARS. Feed And Grain Operations	ARB (2018). CEIDARS. Feed And Grain Operations
GPp12	Industria del tabaco	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Fermentation Processes	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Food And Agriculture - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Food And Agriculture - Average
GPp13	Industria textil de fibras duras y cordelería de todo tipo	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Textile Products - General Fabric Operations - Dyeing and Curing	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Industrial Manufacturing - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Industrial Manufacturing - Average
GPp14	Hilado, tejido y acabado de fibras blandas.	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Textile Products - General Fabric Operations - Tenter Frame	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Industrial Manufacturing - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Industrial Manufacturing - Average
GPp15	Confección con materiales textiles (incluye fabricación de tapices y alfombras de fibras blandas)	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Textile Products - General Fabric Operations - Tenter Frame	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Industrial Manufacturing - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Industrial Manufacturing - Average
GPp16	Fabricación de tejidos de punto	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Textile Products - General Fabric Operations - Tenter Frame	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Industrial Manufacturing - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Industrial Manufacturing - Average
GPp17	Confección de prendas de vestir	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Textile Products - General Fabric Operations - Tenter Frame	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Industrial Manufacturing - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Industrial Manufacturing - Average
GPp18	Industria del cuero, pieles y sus productos (Excluye calzado y prendas de vestir)	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Aerosol Coatings: Vinyl/Fabric/Leather/Polycarb Coatings	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Industrial Manufacturing - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Industrial Manufacturing - Average
GPp19	Industria del calzado. Excluye hule y/o plástico	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Consumer and Commercial Products: Household Products: Shoe and Leather Care Products	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Industrial Manufacturing - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Industrial Manufacturing - Average
GPp20	Fabricación de productos de aserradero y carpintería. (Excluye muebles)	Proceso	ARB (2018). CEIDARS. Pulp And Paper Industry - Average (EPA 9013)	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Wood Products-Sawing - Composite	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Wood Products-Sawing - Composite

GPp21	Fabricación de envases y otros productos de madera y corcho (Excluye muebles)	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Wood Furniture Coating	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Wood Products-Sawing - Composite	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Wood Products-Sawing - Composite
GPp22	Fabricación y reparación de muebles principalmente de madera (Incluye colchones)	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Wood Furniture Coating	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Wood Products-Sawing - Composite	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Wood Products-Sawing - Composite
GPp23	Manufactura de celulosa, papel y sus productos	Proceso	ARB (2018). CEIDARS. Pulp And Paper Industry - Average (EPA 9013)	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Pulp And Paper Industry	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Pulp And Paper Industry
GPp24	Imprentas, Editoriales e industrias conexas	Proceso	ARB (2018). CEIDARS. Printing/Publishing - Average (EPA 9026)	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Pulp And Paper Industry	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Pulp And Paper Industry
GPp25	Petroquímica básica	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Petrochemical Mfg.	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Chemical Manufacturing - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Chemical Manufacturing - Average
GPp26	Fabricación de sustancias químicas básicas (Excluye las petroquímicas básicas)	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Composite of 3 Fugitive Emission Profiles from Chemical Mfg. Facilities	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Chemical Manufacturing - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Chemical Manufacturing - Average
GPp27	Industria de las fibras artificiales y/o sintéticas	Proceso	ARB (2018). CEIDARS. Plastics Production - Average (EPA 9005)	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Chemical Manufacturing - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Chemical Manufacturing - Average
GPp28	Industria farmacéutica	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Consumer and Commercial Products: Personal Care Products: Health Use Products	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Chemical Manufacturing - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Chemical Manufacturing - Average
GPp29	Fabricación de otras sustancias y productos químicos	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Consumer and Commercial Products: Personal Care Products: Health Use Products	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Chemical Manufacturing - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Chemical Manufacturing - Average
GPp30	Industria del coque. Incluye otros derivados del carbón mineral y del petróleo	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Chemical Manufacturing - Carbon Black Production	ARB (2018). CEIDARS. Petroleum Refining	ARB (2018). CEIDARS. Petroleum Refining
GPp31	Industria del hule	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Rubber and Miscellaneous Plastics Products - Fabricated Rubber Products - Styrene/Butadiene, Rubber	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Chemical Manufacturing - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Chemical Manufacturing - Average
GPp32	Elaboración de productos de plástico	Proceso	ARB (2018). CEIDARS. Plastics Production - Average (EPA 9005)	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Chemical Manufacturing - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Chemical Manufacturing - Average
GPp33	Alfarería y cerámica (Excluye materiales de construcción)	Proceso	ARB (2018). CEIDARS. Mineral Products - Average (EPA 9011)	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Mineral Products - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Mineral Products - Average
GPp34	Fabricación de materiales de arcilla para la construcción	Proceso	ARB (2018). CEIDARS. Mineral Products - Average (EPA 9011)	Vega, E. et al. (2001).	Vega, E. et al. (2001).
GPp35	Fabricación de vidrio y productos de vidrio	Proceso	ARB (2018). CEIDARS. Mineral Products - Average (EPA 9011)	ARB (2018). CEIDARS. Glass Melting Furnace	ARB (2018). CEIDARS. Glass Melting Furnace
GPp36	Fabricación de cemento, cal, yeso y otros productos a base de minerales no metálicos.	Proceso	ARB (2018). CEIDARS. Mineral Products - Average (EPA 9011)	Vega, E. et al. (2001).	Vega, E. et al. (2001).
GPp37	Industria básica del hierro y del acero	Proceso	ARB (2018). CEIDARS. Primary Metal Production - Average (EPA 9009)	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Primary Metal Production - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Primary Metal Production - Average
GPp38	Industrias básicas de metales no ferrosos. Incluye el tratamiento de combustibles nucleares	Proceso	ARB (2018). CEIDARS. Primary Metal Production - Average (EPA 9009)	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Primary Metal Production - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Primary Metal Production - Average
GPp39	Fundición y moldeo de piezas metálicas, ferrosas y no ferrosas	Proceso	ARB (2018). CEIDARS. Secondary Metal Production - Average (EPA 9010)	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Secondary Metal Production - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Secondary Metal Production - Average

GPp40	Fabricación de estructuras metálicas, tanques y calderas industriales	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Industrial Point Source, Fabricated Metal Products - 1993	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Secondary Metal Production - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Secondary Metal Production - Average
GPp41	Fabricación y reparación de muebles metálicos	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Industrial Point Source, Fabricated Metal Products - 1993	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Secondary Metal Production - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Secondary Metal Production - Average
GPp42	Fabricación de otros productos metálicos (Excluye maquinaria y equipo)	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Industrial Point Source, Fabricated Metal Products - 1993	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Secondary Metal Production - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Secondary Metal Production - Average
GPp43	Fabricación, reparación y/o ensamble de maquinaria y equipos, c/s motor eléctrico integrado (Incluye maquinaria agrícola)	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Industrial Point Source, Fabricated Metal Products - 1993	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Secondary Metal Production - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Secondary Metal Production - Average
GPp44	Fabricación, reparación y/o ensamble de maquinaria y equipo c/s motor eléctrico integrado (Incluye armamento)	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Industrial Point Source, Fabricated Metal Products - 1993	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Secondary Metal Production - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Secondary Metal Production - Average
GPp45	Fabricación y/o ensamble de máquinas de oficina, cálculo y procesamiento informático	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Industrial Point Source, Fabricated Metal Products - 1993	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Secondary Metal Production - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Secondary Metal Production - Average
GPp46	Fabricación y/o ensamble de maquinaria, equipo y accesorios eléctricos. Incluye para la generación de energía eléctrica	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Industrial Point Source, Fabricated Metal Products - 1993	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Secondary Metal Production - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Secondary Metal Production - Average
GPp47	Fabricación y/o ensamble de equipo electrónico de radio, televisión, comunicaciones y de uso medico	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Industrial Point Source, Fabricated Metal Products - 1993	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Secondary Metal Production - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Secondary Metal Production - Average
GPp48	Fabricación y/o ensambles de aparatos y accesorios de uso doméstico. Excluye los electrónicos	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Industrial Point Source, Fabricated Metal Products - 1993	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Secondary Metal Production - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Secondary Metal Production - Average
GPp49	Industria automotriz	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Automotive Painting - Downwind Ground Based Compositions	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Industrial Manufacturing - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Industrial Manufacturing - Average
GPp50	Fabricación, reparación y/o ensamble de equipo de transporte y sus partes. Excluye automóviles y camiones	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Automotive Painting - Downwind Ground Based Compositions	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Industrial Manufacturing - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Industrial Manufacturing - Average
GPp51	Fabricación, reparación y/o ensamble de instrumentos y equipo de precisión (Incluye instrumental quirúrgico. Excluye los electrónicos)	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Automotive Painting - Downwind Ground Based Compositions	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Secondary Metal Production - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Secondary Metal Production - Average
GPp52	Otras industrias manufactureras	Proceso	ARB (2018). CEIDARS. Industrial Processes - Average (EPA 9003)	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Industrial Manufacturing - Average	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Industrial Manufacturing - Average
GPp53	Operaciones de grano y procesamiento de semillas oleaginosas	Proceso	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Oilseed Processing	ARB (2018). CEIDARS. Feed And Grain Operations	ARB (2018). CEIDARS. Feed And Grain Operations
GPm01	Uso de productos de cuidado personal	Misceláneo	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Consumer and Commercial	N/A	N/A

			Products: Personal Care		
			Products: Health Use Products		
GPm02	Pigmento Industria Textil	Misceláneo	N/A	HDS. Expand-3D textile color	HDS. Expand-3D textile color
GPm03	Tostado de café	Misceláneo	ARB (2018). CEIDARS. Species unknown- all category composite	ARB (2018). CEIDARS. Coffe Roasting	ARB (2018). CEIDARS. Coffe Roasting
GPm04	humos de soldadura	Misceláneo	N/A	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Metal Fabrication - Welding	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Metal Fabrication - Welding
GPm05	Manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación - Proceso	Misceláneo	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Solid Waste Landfill Site - Class II	N/A	N/A
GPm06	Fotograbado - evaporación de solvente	Misceláneo	ARB (2018). CEIDARS. Evaporation- gravure printing-general solvent	N/A	N/A
GPm07	Evaporación en impresión flexográfica	Misceláneo	ARB (2018). CEIDARS. Evaporation- flexographic printing press- n-propyl alcohol	N/A	N/A
GPm08	Evaporación de solventes en impresión	Misceláneo	ARB (2018). CEIDARS. Printing evaporation loss- general	N/A	N/A
GPm09	Terminales de almacenamiento y reparto de combustibles	Misceláneo	Mugica, V. et al. (2002).	N/A	N/A
GPm10	Limpieza y desengrase	Misceláneo	ARB (2018). CEIDARS. Degreasing - All Processes/All Industries	N/A	N/A
GPm11	Uso de productos para el cuidado automotriz	Misceláneo	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. Consumer and Commercial Products: Automotive Aftermarket Products: All Automotive Aftermarket Products	N/A	N/A
GPm12	Recubrimiento de superficies industriales - esmalte compuesto	Misceláneo	ARB (2018). CEIDARS. Industrial surface coating-composite enamel	N/A	N/A
GPm13	Recubrimiento de superficies arquitectónicas	Misceláneo	ARB (2018). CEIDARS. Architectural surface coatings-composite solvent	N/A	N/A
GPm14	Fabricación de Pinturas y Recubrimientos	Misceláneo	U.S. EPA (2019a). SPECIATE V 5.0. paint & coat mfg	N/A	N/A
GPm15	Otros no definidos	Misceláneo	N/A	N/A	N/A
GPm16	Molienda y cribado en la elaboración de ladrillos	Misceláneo	N/A	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Brick Grinding and Screening - Composite	U.S. EPA (2019A). SPECIATE V5.0. Brick Grinding and Screening - Composite
BM001	Alcohol Isopropílico	Proceso	HDS. Alcohol Isopropílico	N/A	N/A
BM002	Thinner Estándar	Proceso	HDS. Thinner Estándar	N/A	N/A
BM003	Tinta Para Marcar 6061	Proceso	HDS. Tinta Para Marcar 6061	N/A	N/A
BM004	Limpiador	Proceso	HDS. Limpiador	N/A	N/A
BM005	Aero Comex	Proceso	HDS. Aero Comex	N/A	N/A
BM006	Pintura Antigrafiti Transparente Y Endurecedor	Proceso	HDS. Pintura Antigrafiti Transparente Y Endurecedor	N/A	N/A
BM007	Comex Solvente Xilol	Proceso	HDS. Comex Solvente Xilol	N/A	N/A
BM008	Pintura Prometal Secado Rápido	Proceso	HDS. Pintura Prometal Secado Rápido	N/A	N/A
BM009	Pintura Esmalte Acrílico	Proceso	HDS. Pintura Esmalte Acrílico	N/A	N/A
BM010	Thinner	Proceso	HDS. Thinner	N/A	N/A
BM011	Removedor De Pintura	Proceso	HDS. Removedor De Pintura	N/A	N/A
BM012	Pintura De Esmalte Anticorrosivo Milco	Proceso	HDS. Pintura De Esmalte Anticorrosivo Milco	N/A	N/A
BM013	Thiner Poly Form	Proceso	HDS. Thiner Poly Form	N/A	N/A
BM014	Polyform Pintura Caterpillar	Proceso	HDS. Polyform Pintura Caterpillar	N/A	N/A
BM015	Poly Form Pintura	Proceso	HDS. Poly Form Pintura	N/A	N/A
BM016	Barniz Alquidálico	Proceso	HDS. Barniz Alquidálico	N/A	N/A
BM017	Pintura Amarillo	Proceso	HDS. Pintura Amarillo	N/A	N/A
BM018	Aerosol SW	Proceso	HDS. Aerosol SW	N/A	N/A
BM019	Igualador-Esmalte Acrílico SW	Proceso	HDS. Igualador-Esmalte Acrílico SW	N/A	N/A

BM020	Diversified Brands (Pintura)	Proceso	HDS. Diversified Brands (Pintura)	N/A	N/A
BM021	Thinner (Sherwin Willians, Diquimex Y Química Integral)	Proceso	HDS. Thinner (SW, Diquimex Y Química Integral)	N/A	N/A
BM022	Pretinta Primavera	Proceso	HDS. Pretinta Primavera	N/A	N/A
BM023	Concentrado Color # 8	Proceso	HDS. Concentrado Color # 8	N/A	N/A
BM024	Promotor (Aislante Pistola)	Proceso	HDS. Promotor (Aislante Pistola)	N/A	N/A
BM025	Nitrolaca Brillante (Directa)	Proceso	HDS. Nitrolaca Brillante (Directa)	N/A	N/A
BM026	Nitrolaca Mate (Blanca)	Proceso	HDS. Nitrolaca Mate (Blanca)	N/A	N/A
BM027	Diluyente Para Poliéster	Proceso	HDS. Diluyente Para Poliéster	N/A	N/A
BM028	Diluyente Para Nitrolaca	Proceso	HDS. Diluyente Para Nitrolaca	N/A	N/A
BM029	Sayerpol Brillante	Proceso	HDS. Sayerpol Brillante	N/A	N/A
BM030	Catalizador Transparente	Proceso	HDS. Catalizador Transparente	N/A	N/A
BM031	Fondo Poliacrílico	Proceso	HDS. Fondo Poliacrílico	N/A	N/A
BM032	Aditivo Para Poliéster	Proceso	HDS. Aditivo Para Poliéster	N/A	N/A
BM033	Diluyente Para Manchasayer	Proceso	HDS. Diluyente Para Manchasayer	N/A	N/A
BM034	Reductor Universal para Poliuretanos	Proceso	HDS. Reductor Universal Para Poliuretanos	N/A	N/A
BM035	Pintura Negro Brillante Century 024-505-179	Proceso	HDS. Pintura Negro Brillante Century 024-505-179	N/A	N/A
BM036	Reductor para Imron 5000	Proceso	HDS. Reductor Para Imron 5000	N/A	N/A
BM037	Blanco Bimbo Imron 5000	Proceso	HDS. Blanco Bimbo Imron 5000	N/A	N/A
BM038	Removedor de para lacas y esmaltes	Proceso	HDS. Removedor De Para Lacas Y Esmaltes	N/A	N/A
BM039	Pintura Negro Mate Centary	Proceso	HDS. Pintura Negro Mate Centary	N/A	N/A
BM040	Pintura Gris Piso Centary	Proceso	HDS. Pintura Gris Piso Centary	N/A	N/A
BM041	Alcohol Etílico	Proceso	HDS. Alcohol Etílico	N/A	N/A
BM042	Thinner Estándar	Proceso	HDS. Thinner Estándar	N/A	N/A
BM043	Primario Blanco (Prime N Seal) 2680 S	Proceso	HDS. Primario Blanco (Prime N Seal) 2680 S	N/A	N/A
BM044	Catalizador para Imron 5000	Proceso	HDS. Catalizador Para Imron 5000	N/A	N/A
BM045	Catalizador para Sellador Primario Prime N Seal VG-2603	Proceso	HDS. Catalizador Para Sellador Primario Prime N Seal Vg-2603	N/A	N/A
BM046	Pintura Aluminio brillante y medio	Proceso	HDS. Pintura Aluminio Brillante Y Medio	N/A	N/A
BM047	Catalizador Universal 024-505-201	Proceso	HDS. Catalizador Universal 024-505-201	N/A	N/A
BM048	Removedor de Pinturas VZ 16200	Proceso	HDS. Removedor De Pinturas Vz 16200	N/A	N/A
BM049	Alcohol Etílico	Proceso	HDS. Alcohol Etílico	N/A	N/A
BM050	Pegamento De Contacto Resistol 5000	Proceso	HDS. Pegamento De Contacto Resistol 5000	N/A	N/A
BM051	MAKEUP INK TH-TYPE-A	Proceso	HDS. Makeup Ink Th-Type-A	N/A	N/A
BM052	TINTA JP-K67	Proceso	HDS. Tinta Jp-K67	N/A	N/A
BM053	Black MEK Base INK	Proceso	HDS. Black Mek Base Ink	N/A	N/A
BM054	Make UP INK	Proceso	HDS. Make Up Ink	N/A	N/A
BM055	Alcohol butílico	Proceso	HDS. Alcohol Butílico	N/A	N/A
BM056	Alcohol etílico absoluto	Proceso	HDS. Alcohol Etílico Absoluto	N/A	N/A
BM057	Alcohol etílico 96°	Proceso	HDS. Alcohol Etílico 96°	N/A	N/A
BM058	Benceno	Proceso	HDS. Benceno	N/A	N/A
BM059	Alcohol metílico	Proceso	HDS. Alcohol Metílico	N/A	N/A
BM060	Dioxano	Proceso	HDS. Dioxano	N/A	N/A
BM061	Tolueno	Proceso	HDS. Tolueno	N/A	N/A
BM062	Thinner Estándar	Proceso	HDS. Thinner Estándar	N/A	N/A
BM063	Pintura (Esmaltes alquidalicos)	Proceso	HDS. Pintura (Esmaltes Alquidalicos)	N/A	N/A

BM064	Tinta Alpha Jet Ink	Proceso	HDS. Tinta Alpha Jet Ink	N/A	N/A
BM065	Tinta básicos pantone	Proceso	HDS. Tinta Básicos Pantone	N/A	N/A
BM066	Alcohol etílico	Proceso	HDS. Alcohol Etílico	N/A	N/A
BM067	Alcohol isopropílico	Proceso	HDS. Alcohol Isopropílico	N/A	N/A
BM068	Acetato de etilo	Proceso	HDS. Acetato De Etilo	N/A	N/A
BM069	Limpiador de placas	Proceso	HDS. Limpiador De Placas	N/A	N/A
BM070	Adhesin 525 Blanco	Proceso	HDS. Adhesin 525 Blanco	N/A	N/A
BM071	Lavador para rodillos de humectación	Proceso	HDS. Lavador Para Rodillos De Humectación	N/A	N/A
BM072	Descristalizador	Proceso	HDS. Descristalizador	N/A	N/A
BM073	Descalcificador	Proceso	HDS. Descalcificador	N/A	N/A
BM074	Thinner Estándar	Proceso	HDS. Thinner Estándar	N/A	N/A
BM075	Tinta Alpha Jet Ink	Proceso	HDS. Tinta Alpha Jet Ink	N/A	N/A
BM076	Tinta básicos pantone	Proceso	HDS. Tinta Básicos Pantone	N/A	N/A
BM077	Alcohol isopropílico	Proceso	HDS. Alcohol Isopropílico	N/A	N/A
BM078	Limpiador de placas	Proceso	HDS. Limpiador De Placas	N/A	N/A
BM079	Adhesin 525 Blanco	Proceso	HDS. Adhesin 525 Blanco	N/A	N/A
BM080	Lavador para rodillos de humectación	Proceso	HDS. Lavador Para Rodillos De Humectación	N/A	N/A
BM081	Descristalizador	Proceso	HDS. Descristalizador	N/A	N/A
BM082	Descalcificador	Proceso	HDS. Descalcificador	N/A	N/A
BM083	Thinner	Proceso	HDS. Thinner	N/A	N/A
BM084	Pintura Para Piso Catalizada	Proceso	HDS. Pintura Para Piso Catalizada	N/A	N/A
BM085	Esmalte Secado Rápido	Proceso	HDS. Esmalte Secado Rápido	N/A	N/A
BM086	Pintura Para Piso Dos Componentes - Base Agua	Proceso	HDS. Pintura Para Piso Dos Componentes - Base Agua	N/A	N/A
BM087	Darex Slc	Proceso	HDS. Darex Slc	N/A	N/A
BM088	Darex Cmpd	Proceso	HDS. Darex Cmpd	N/A	N/A
BM089	Darex Sc	Proceso	HDS. Darex Sc	N/A	N/A
BM090	Barniz Dorado	Proceso	HDS. Barniz Dorado	N/A	N/A
BM091	Barniz Acabado Poliéster Dorado	Proceso	HDS. Barniz Acabado Poliéster Dorado	N/A	N/A
BM092	Barniz De Costura Lateral	Proceso	HDS. Barniz De Costura Lateral	N/A	N/A
BM093	Blanco Sanitario	Proceso	HDS. Blanco Sanitario	N/A	N/A
BM094	Butil Cellosolve	Proceso	HDS. Butil Cellosolve	N/A	N/A
BM095	Alcohol Isopropilico	Proceso	HDS. Alcohol Isopropilico	N/A	N/A
BM096	Solvente Lavador	Proceso	HDS. Solvente Lavador	N/A	N/A
BM097	Heptano	Proceso	HDS. Heptano	N/A	N/A
BM098	Barniz Acabado	Proceso	HDS. Barniz Acabado	N/A	N/A
BM099	Coating Blanco Para Coron	Proceso	HDS. Coating Blanco Para Coron	N/A	N/A
BM100	Clear Enamel	Proceso	HDS. Clear Enamel	N/A	N/A
BM101	Siza Transparente	Proceso	HDS. Siza Transparente	N/A	N/A
BM102	Aromatizante Ambiental	Proceso	HDS. Aromatizante Ambiental	N/A	N/A
BM103	Esmalte Blanco	Proceso	HDS. Esmalte Blanco	N/A	N/A
BM104	Gray Epoxy	Proceso	HDS. Gray Epoxy	N/A	N/A
BM105	Clear Epoxy	Proceso	HDS. Clear Epoxy	N/A	N/A
BM106	Esmalte Gris Para Costura	Proceso	HDS. Esmalte Gris Para Costura	N/A	N/A
BM107	Catalizador Componente li	Proceso	HDS. Catalizador Componente li	N/A	N/A
BM108	Purol 280 Aceite Blanco	Proceso	HDS. Purol 280 Aceite Blanco	N/A	N/A
BM109	Thinner Estándar	Proceso	HDS. Thinner Estándar	N/A	N/A
BM110	Novo Permo (Esmalte Alquidálico)	Proceso	HDS. Novo Permo (Esmalte Alquidálico)	N/A	N/A
BM111	Tinta 11 Ink	Proceso	HDS. Tinta 11 Ink	N/A	N/A
BM112	Solvente 501 Make-Up Ink	Proceso	HDS. Solvente 501 Make-Up Ink	N/A	N/A
BM113	Thinner Estándar	Proceso	HDS. Thinner Estándar	N/A	N/A
BM114	Alcohol Etílico	Proceso	HDS. Alcohol Etílico	N/A	N/A
BM115	Esmalte Alquidálico	Proceso	HDS. Esmalte Alquidálico	N/A	N/A
BM116	Thinner Estándar	Proceso	HDS. Thinner Estándar	N/A	N/A

BM117	Pintura (Esmalte Alquidálico)	Proceso	HDS. Pintura (Esmalte Alquidálico)	N/A	N/A
BM118	Tinta Offset Magenta Oh 1	Proceso	HDS. Tinta Offset Magenta Oh 1	N/A	N/A
BM119	Tinta Offset Amarillo OH 1	Proceso	HDS. Tinta Offset Amarillo Oh 1	N/A	N/A
BM120	Tinta Offset Cyan OH 1	Proceso	HDS. Tinta Offset Cyan Oh 1	N/A	N/A
BM121	Tinta Offset Negro OH 1	Proceso	HDS. Tinta Offset Negro Oh 1	N/A	N/A
BM122	Limpiador para planchas litográficas	Proceso	HDS. Limpiador Para Planchas Litográficas	N/A	N/A
BM123	Blast	Proceso	HDS. Blast	N/A	N/A
BM124	Plate Wash R-7	Proceso	HDS. Plate Wash R-7	N/A	N/A
BM125	Solución All Star Ultra	Proceso	HDS. Solución All Star Ultra	N/A	N/A
BM126	Antioxidante spray	Proceso	HDS. Antioxidante Spray	N/A	N/A
BM127	Aditivo antirepinte	Proceso	HDS. Aditivo Antirepinte	N/A	N/A
BM128	Barniz superfricción OH	Proceso	HDS. Barniz Superfricción Oh	N/A	N/A
BM129	Compuesto Reductor OH (M553)	Proceso	HDS. Compuesto Reductor Oh (M553)	N/A	N/A
BM130	Reductor especial OH 1 (M9012)	Proceso	HDS. Reductor Especial Oh 1 (M9012)	N/A	N/A
BM131	Resistol 5001	Proceso	HDS. Resistol 5001	N/A	N/A
BM132	Thinner Estándar	Proceso	HDS. Thinner Estándar	N/A	N/A
BM133	Thinner Acrílico	Proceso	HDS. Thinner Acrílico	N/A	N/A
BM134	Thiner americano	Proceso	HDS. Thiner americano	N/A	N/A
BM135	Laca Acrílica	Proceso	HDS. Laca Acrílica	N/A	N/A
BM136	Esmalte Acrílico	Proceso	HDS. Esmalte Acrílico	N/A	N/A
BM137	Primario Universal	Proceso	HDS. Primario Universal	N/A	N/A
BM138	Reductor	Proceso	HDS. Reductor	N/A	N/A
BM139	Percloroetileno	Proceso	HDS. Percloroetileno	N/A	N/A
BM140	Tinta para codificar fardos TH-TYPE-A	Proceso	HDS. Tinta Para Codificar Fardos Th-Type-A	N/A	N/A
BM141	Thinner Tipo Americano	Proceso	HDS. Thinner Tipo Americano	N/A	N/A
BM142	Pintura	Proceso	HDS. Pintura	N/A	N/A
BM143	Alcohol Etílico (Etanol)	Proceso	HDS. Alcohol Etílico (Etanol)	N/A	N/A
BM144	Alcohol Isopropílico	Proceso	HDS. Alcohol Isopropílico	N/A	N/A
BM145	Propilenglicol	Proceso	HDS. Propilenglicol	N/A	N/A
BM146	Esmalte Para Uñas (Nitrocelulosa Y Solventes)	Proceso	HDS. Esmalte Para Uñas (Nitrocelulosa Y Solventes)	N/A	N/A
BM147	Thinner	Proceso	HDS. Thinner	N/A	N/A
BM148	Aerocomex	Proceso	HDS. Aerocomex	N/A	N/A
BM149	Pintura Esmalte (Comex 100)	Proceso	HDS. Pintura Esmalte (Comex 100)	N/A	N/A
BM150	Tolueno	Proceso	HDS. Tolueno	N/A	N/A
BM151	Alcohol etílico	Proceso	HDS. Alcohol Etílico	N/A	N/A
BM152	Thinner	Proceso	HDS. Thinner	N/A	N/A
BM153	Esmalte Alquidálico	Proceso	HDS. Esmalte Alquidálico	N/A	N/A
BM154	Vía color señalamiento	Proceso	HDS. Vía Color Señalamiento	N/A	N/A
BM155	Esmalte AQUA 100	Proceso	HDS. Esmalte Aqua 100	N/A	N/A
BM156	Alcohol Isopropílico	Proceso	HDS. Alcohol Isopropílico	N/A	N/A
BM157	Tintas Rotativas HS	Proceso	HDS. Tintas Rotativas Hs	N/A	N/A
BM158	Tintas Rotativas OH	Proceso	HDS. Tintas Rotativas Oh	N/A	N/A
BM159	Solución P/fuente HSW 150 U,	Proceso	HDS. Solución P/Fuente Hsw 150 U,	N/A	N/A
BM160	Solución P/fuente HSW 150U2	Proceso	HDS. Solución P/Fuente Hsw 150U2	N/A	N/A
BM161	Solución P/fuente HSW 3000 Q	Proceso	HDS. Solución P/Fuente Hsw 3000 Q	N/A	N/A
BM162	Solución P/fuente POS-505	Proceso	HDS. Solución P/Fuente Pos-505	N/A	N/A
BM163	Solución p/fuente POS-555 NP	Proceso	HDS. Solución P/Fuente Pos-555 Np	N/A	N/A
BM164	Solución p/fuente POS-555 LD	Proceso	HDS. Solución P/Fuente Pos-555 Ld	N/A	N/A
BM165	Reductor especial OH	Proceso	HDS. Reductor Especial Oh	N/A	N/A
BM166	Solvente reductor OH	Proceso	HDS. Solvente Reductor Oh	N/A	N/A

BM167	Mcop gloss varnish	Proceso	HDS. Mcop Gloss Varnish	N/A	N/A
BM168	Barniz mate OH	Proceso	HDS. Barniz Mate Oh	N/A	N/A
BM169	Acondicionador para rotativas	Proceso	HDS. Acondicionador Para Rotativas	N/A	N/A
BM170	Antioxidante spray OH	Proceso	HDS. Antioxidante Spray Oh	N/A	N/A
BM171	Descristalizador take it off 3 lbs	Proceso	HDS. Descristalizador Take It Off 3 Lbs	N/A	N/A
BM172	Dampening system cleaner-lav. p/sist. De circulación fuente	Proceso	HDS. Dampening System Cleaner-Lav.P/Sist. De Circulación Fuente	N/A	N/A
BM173	Metering roller cleaner	Proceso	HDS. Metering Roller Cleaner	N/A	N/A
BM174	Majesta 793	Proceso	HDS. Majesta 793	N/A	N/A
BM175	aditivo antipelusa	Proceso	HDS. Aditivo Antipelusa	N/A	N/A
BM176	antiestático AS 049	Proceso	HDS. Antiestático As 049	N/A	N/A
BM177	Tintas Pantone	Proceso	HDS. Tintas Pantone	N/A	N/A
BM178	Matte Op Varnish 9.8 lb	Proceso	HDS. Matte Op Varnish 9.8 Lb	N/A	N/A
BM179	Apollo 885	Proceso	HDS. Apollo 885	N/A	N/A
BM180	Primer Sp	Proceso	HDS. Primer Sp	N/A	N/A
BM181	Tinta Py	Proceso	HDS. Tinta Py	N/A	N/A
BM182	Diluyente Py-V	Proceso	HDS. Diluyente Py-V	N/A	N/A
BM183	Limpiador Dr	Proceso	HDS. Limpiador Dr	N/A	N/A
BM184	Retardante Sv-4	Proceso	HDS. Retardante Sv-4	N/A	N/A
BM185	Thinner estándar	Proceso	HDS. Thinner Estándar	N/A	N/A
BM186	Pintura Vinil Acrílica	Proceso	HDS. Pintura Vinil Acrílica	N/A	N/A
BM187	Esmalte	Proceso	HDS. Esmalte	N/A	N/A
BM188	Good Sense	Proceso	HDS. Good Sense	N/A	N/A
BM189	Pintura Epóxica	Proceso	HDS. Pintura Epóxica	N/A	N/A
BM190	Redimix	Proceso	HDS. Redimix	N/A	N/A
BM191	Removedor de pintura	Proceso	HDS. Removedor De Pintura	N/A	N/A
BM192	Super take off	Proceso	HDS. Super Take Off	N/A	N/A
BM193	Aflojatodo en Spray	Proceso	HDS. Aflojatodo En Spray	N/A	N/A
BM194	MC-299BK Make Up (Solvente Limpiador MCA)	Proceso	HDS. Mc-299Bk Make Up (Solvente Limpiador Mca)	N/A	N/A
BM195	Tinta Domino (printing ink)	Proceso	HDS. Tinta Domino (Printing Ink)	N/A	N/A
BM196	Diverdet	Proceso	HDS. Diverdet	N/A	N/A
BM197	Super take of	Proceso	HDS. Super Take Of	N/A	N/A
BM198	Divoquat Forte	Proceso	HDS. Divoquat Forte	N/A	N/A
BM199	Be Fresh Limón	Proceso	HDS. Be Fresh Limón	N/A	N/A
BM200	Laca	Proceso	HDS. Laca	N/A	N/A
BM201	Pintura de esmalte	Proceso	HDS. Pintura De Esmalte	N/A	N/A
BM202	Pintura esmalte base agua	Proceso	HDS. Pintura Esmalte Base Agua	N/A	N/A
BM203	175i Make Up Ink	Proceso	HDS. 175i Make Up Ink	N/A	N/A
BM204	Tinta ink 17i	Proceso	HDS. Tinta Ink 17i	N/A	N/A
BM205	Solvente Zanasi Make Up	Proceso	HDS. Solvente Zanasi Make Up	N/A	N/A
BM206	Tinta Zanasi	Proceso	HDS. Tinta Zanasi	N/A	N/A
BM207	Thinner estándar flex	Proceso	HDS. Thinner Estándar Flex	N/A	N/A
BM208	Solvente Rodamiento V705-D	Proceso	HDS. Solvente Rodamiento V705-D	N/A	N/A
BM209	Cartucho de tinta V410-D	Proceso	HDS. Cartucho De Tinta V410-D	N/A	N/A
BM210	Botella de tinta MCA	Proceso	HDS. Botella De Tinta Mca	N/A	N/A
BM211	Tinta bk 20943 VDJT	Proceso	HDS. Tinta Bk 20943 Vdjt	N/A	N/A
BM212	Tinta BK12 PACK 15829D	Proceso	HDS. Tinta Bk12 Pack 15829D	N/A	N/A
BM213	Dieléctrico	Proceso	HDS. Dieléctrico	N/A	N/A
BM214	Hotemp Spray	Proceso	HDS. Hotemp Spray	N/A	N/A
BM215	Pintura De Esmalte (Esmalte Económico)	Proceso	HDS. Pintura De Esmalte (Esmalte Económico)	N/A	N/A
BM216	Pintura Vinílica	Proceso	HDS. Pintura Vinílica	N/A	N/A
BM217	Kem-Tone	Proceso	HDS. Kem-Tone	N/A	N/A
BM218	Macropoxy 646	Proceso	HDS. Macropoxy 646	N/A	N/A
BM219	Catalizador Macropoxy 646	Proceso	HDS. Catalizador Macropoxy 646	N/A	N/A
BM220	Thinner W	Proceso	HDS. Thinner W	N/A	N/A
BM221	Thinner Estándar	Proceso	HDS. Thinner Estándar	N/A	N/A

BM222	Pintura Vinil Acrílica	Proceso	HDS. Pintura Vinil Acrílica	N/A	N/A
BM223	Esmalte	Proceso	HDS. Esmalte	N/A	N/A
BM224	Aflojatado en Spray	Proceso	HDS. Aflojatado En Spray	N/A	N/A
BM225	Macropoxy 646	Proceso	HDS. Macropoxy 646	N/A	N/A
BM226	Catalizador Macropoxy 646	Proceso	HDS. Catalizador Macropoxy 646	N/A	N/A
BM227	Recubrimiento a altas temperaturas	Proceso	HDS. Recubrimiento A Altas Temperaturas	N/A	N/A
BM228	Resistol	Proceso	HDS. Resistol	N/A	N/A
BM229	Thinner W	Proceso	HDS. Thinner W	N/A	N/A
BM230	Soft care gel	Proceso	HDS. Soft Care Gel	N/A	N/A
BM231	Tinta negra video Jet V410-D	Proceso	HDS. Tinta Negra Video Jet V410-D	N/A	N/A
BM232	Solvente para tinta video jet	Proceso	HDS. Solvente Para Tinta Video Jet	N/A	N/A
BM233	super take off	Proceso	HDS. Super Take Off	N/A	N/A
BM234	Solución limpiadora 16-3402Q	Proceso	HDS. Solución Limpiadora 16-3402Q	N/A	N/A
BM235	Alcohol isopropílico	Proceso	HDS. Alcohol Isopropílico	N/A	N/A
BM236	Alcohol etílico	Proceso	HDS. Alcohol Etilico	N/A	N/A
BM237	Barniz brillante 18 UVTEC	Proceso	HDS. Barniz Brillante 18 Uvtec	N/A	N/A
BM238	Barniz mate OH	Proceso	HDS. Barniz Mate Oh	N/A	N/A
BM239	Barniz cristal OH	Proceso	HDS. Barniz Cristal Oh	N/A	N/A
BM240	Barniz superfricción OH	Proceso	HDS. Barniz Superfricción Oh	N/A	N/A
BM241	Gasolina	Proceso	HDS. Gasolina	N/A	N/A
BM242	Thinner	Proceso	HDS. Thinner	N/A	N/A
BM243	Tintas	Proceso	HDS. Tintas	N/A	N/A
BM244	Aflojatado	Proceso	HDS. Aflojatado	N/A	N/A
BM245	Revelador G101c	Proceso	HDS. Revelador G101C	N/A	N/A
BM246	Revelador 956	Proceso	HDS. Revelador 956	N/A	N/A
BM247	Tinta hyplus	Proceso	HDS. Tinta Hyplus	N/A	N/A
BM248	True blue limpia placas	Proceso	HDS. True Blue Limpia Placas	N/A	N/A
BM249	Whas A-230	Proceso	HDS. Whas A-230	N/A	N/A
BM250	Plate wash R-7	Proceso	HDS. Plate Wash R-7	N/A	N/A
BM251	Limpiador RC95	Proceso	HDS. Limpiador Rc95	N/A	N/A
BM252	Pintura de esmalte	Proceso	HDS. Pintura De Esmalte	N/A	N/A
BM253	Catalizador para poliuretano	Proceso	HDS. Catalizador Para Poliuretano	N/A	N/A
BM254	Poliuretano	Proceso	HDS. Poliuretano	N/A	N/A
BM255	Solvente para poliuretano	Proceso	HDS. Solvente Para Poliuretano	N/A	N/A
BM256	Antioxidante Spray XC-20	Proceso	HDS. Antioxidante Spray Xc-20	N/A	N/A
BM257	Polvo antirrepinte C-270	Proceso	HDS. Polvo Antirrepinte C-270	N/A	N/A
BM258	Opti Print HS-2071	Proceso	HDS. Opti Print Hs-2071	N/A	N/A
BM259	Adhesivo BA-408	Proceso	HDS. Adhesivo Ba-408	N/A	N/A
BM260	Pegamento Fixol	Proceso	HDS. Pegamento Fixol	N/A	N/A
BM261	Silicón en spray industrial	Proceso	HDS. Silicón En Spray Industrial	N/A	N/A
BM262	Comex Thinner Tipo Americano	Proceso	HDS. Comex Thinner Tipo Americano	N/A	N/A
BM263	Esmalte Comex 100	Proceso	HDS. Esmalte Comex 100	N/A	N/A
BM264	Aero-Comex	Proceso	HDS. Aero-Comex	N/A	N/A
BM265	Ra-26 Epóxico	Proceso	HDS. Ra-26 Epóxico	N/A	N/A
BM266	Pemex Endurecedor Ra-26	Proceso	HDS. Pemex Endurecedor Ra-26	N/A	N/A
BM267	Pemex Endurecedor Rp-6	Proceso	HDS. Pemex Endurecedor Rp-6	N/A	N/A
BM268	Adelgazador 12	Proceso	HDS. Adelgazador 12	N/A	N/A
BM269	Laca Automotiva	Proceso	HDS. Laca Automotiva	N/A	N/A
BM270	Solvente Dieléctrico (Thinner Dmik)	Proceso	HDS. Solvente Dieléctrico (Thinner Dmik)	N/A	N/A
BM271	Barniz Transparente	Proceso	HDS. Barniz Transparente	N/A	N/A
BM272	River Tinte Al Alcohol	Proceso	HDS. River Tinte Al Alcohol	N/A	N/A
BM273	River Barniz	Proceso	HDS. River Barniz	N/A	N/A
BM274	Pemex Rp-6 Prim	Proceso	HDS. Pemex Rp-6 Prim	N/A	N/A

BM275	Top Asfaltum/Top Cemento plástico	Proceso	HDS. Top Asfaltum/Top Cemento Plástico	N/A	N/A
BM276	Ra-28 Modificado Endurecedor	Proceso	HDS. Ra-28 Modificado Endurecedor	N/A	N/A
BM277	Pintura Ra-28 Modificado	Proceso	HDS. Pintura Ra-28 Modificado	N/A	N/A
BM278	Magenta H7 Sunfin	Proceso	HDS. Magenta H7 Sunfin	N/A	N/A
BM279	M14z-118fl Orange Hy Sunfin	Proceso	HDS. M14Z-118Fl Orange Hy Sunfin	N/A	N/A
BM280	Morchem Ps 200	Proceso	HDS. Morchem Ps 200	N/A	N/A
BM281	Np Yellow	Proceso	HDS. Np Yellow	N/A	N/A
BM282	Morchem Ps 203	Proceso	HDS. Morchem Ps 203	N/A	N/A
BM283	Ext Reductor Lento	Proceso	HDS. Ext Reductor Lento	N/A	N/A
BM284	Bz Tecnológico P&G	Proceso	HDS. Bz Tecnológico P&G	N/A	N/A
BM285	Barniz Laminación	Proceso	HDS. Barniz Laminación	N/A	N/A
BM286	Extender Lento	Proceso	HDS. Extender Lento	N/A	N/A
BM287	Amarillo Process	Proceso	HDS. Amarillo Process	N/A	N/A
BM288	M13z-356ffmagentapro	Proceso	HDS. M13Z-356Ffmagentapro	N/A	N/A
BM289	Cyan Process	Proceso	HDS. Cyan Process	N/A	N/A
BM290	Verde Básico	Proceso	HDS. Verde Básico	N/A	N/A
BM300	Violeta Básico	Proceso	HDS. Violeta Básico	N/A	N/A
BM301	Naranja Básico	Proceso	HDS. Naranja Básico	N/A	N/A
BM302	Compuesto Termo	Proceso	HDS. Compuesto Termo	N/A	N/A
BM303	Mezcla 80/20 n-propanol/acetato n-propilo	Proceso	HDS. Mezcla 80/20 N-Propanol/Acetato N-Propilo	N/A	N/A
BM304	Mezcla galas 50/50	Proceso	HDS. Mezcla Galas 50/50	N/A	N/A
BM305	Gen Iv Black	Proceso	HDS. Gen Iv Black	N/A	N/A
BM306	Base Verde Gen Iv	Proceso	HDS. Base Verde Gen Iv	N/A	N/A
BM307	Base Amarilla	Proceso	HDS. Base Amarilla	N/A	N/A
BM308	Base Cyan	Proceso	HDS. Base Cyan	N/A	N/A
BM309	Base Magenta	Proceso	HDS. Base Magenta	N/A	N/A
BM310	Base Naranja	Proceso	HDS. Base Naranja	N/A	N/A
BM311	Base Negra	Proceso	HDS. Base Negra	N/A	N/A
BM312	Base Roja	Proceso	HDS. Base Roja	N/A	N/A
BM313	Base Verde	Proceso	HDS. Base Verde	N/A	N/A
BM314	Base Rodamina Permanente	Proceso	HDS. Base Rodamina Permanente	N/A	N/A
BM315	Base Roja Laca	Proceso	HDS. Base Roja Laca	N/A	N/A
BM316	Base Roja Naftol	Proceso	HDS. Base Roja Naftol	N/A	N/A
BM317	Base Blanco Frente	Proceso	HDS. Base Blanco Frente	N/A	N/A
BM318	Blanco Para Etiqueta De Agua	Proceso	HDS. Blanco Para Etiqueta De Agua	N/A	N/A
BM320	Plata Para Bopp	Proceso	HDS. Plata Para Bopp	N/A	N/A
BM321	Solvente Lento	Proceso	HDS. Solvente Lento	N/A	N/A
BM322	Acrux Pg 600	Proceso	HDS. Acrux Pg 600	N/A	N/A
BM323	Reducer	Proceso	HDS. Reducer	N/A	N/A
BM324	Wax & Grease Remover	Proceso	HDS. Wax & Grease Remover	N/A	N/A
BM325	Red Shade Organic Yellow	Proceso	HDS. Red Shade Organic Yellow	N/A	N/A
BM326	Weak Phthalo Blue	Proceso	HDS. Weak Phthalo Blue	N/A	N/A
BM327	Strong White	Proceso	HDS. Strong White	N/A	N/A
BM328	High Color Black	Proceso	HDS. High Color Black	N/A	N/A
BM329	Scarlet Red	Proceso	HDS. Scarlet Red	N/A	N/A
BM330	Quindo Violet	Proceso	HDS. Quindo Violet	N/A	N/A
BM331	Blue Pearl	Proceso	HDS. Blue Pearl	N/A	N/A
BM332	White Pearl	Proceso	HDS. White Pearl	N/A	N/A
BM333	Bright Red Pearl	Proceso	HDS. Bright Red Pearl	N/A	N/A
BM334	Clear	Proceso	HDS. Clear	N/A	N/A
BM335	Hardener	Proceso	HDS. Hardener	N/A	N/A
BM336	T494 Envirobase Thinner	Proceso	HDS. T494 Envirobase Thinner	N/A	N/A
BM337	Epoxy Primer White (Non Chrome)	Proceso	HDS. Epoxy Primer White (Non Chrome)	N/A	N/A
BM338	Emisión de Acetato de etilo, Alcohol etílico, Alcohol Isopropílico,	Proceso	HDS. Emisión De Acetato De Etilo, Alcohol Etílico, Alcohol	N/A	N/A

	Alcohol n-propílico y Acetato de n-butilo		Isopropilico, Alcohol N-Propílico Y Acetato De N-Butilo		
BM339	Esmalte alquidálico P&E	Proceso	HDS. Esmalte Alquidálico P&E	N/A	N/A
BM340	Xileno (ALVEG, SA de CV)	Proceso	HDS. Xileno (Alveg, Sa De Cv)	N/A	N/A
BM341	Xileno (solvmex SA)	Proceso	HDS. Xileno (Solvmex Sa)	N/A	N/A
BM342	Metil etil Cetona	Proceso	HDS. Metil Etil Cetona	N/A	N/A
BM343	Xileno (Novasol SA)	Proceso	HDS. Xileno (Novasol Sa)	N/A	N/A
BM344	Acetona (SOLVMEX)	Proceso	HDS. Acetona (Solvmex)	N/A	N/A
BM345	Acetona (ASELAC)	Proceso	HDS. Acetona (Aselac)	N/A	N/A
BM346	Barniz Gamuza Greif	Proceso	HDS. Barniz Gamuza Greif	N/A	N/A
BM347	Barniz Gamuza Valspar	Proceso	HDS. Barniz Gamuza Valspar	N/A	N/A
BM348	Barniz epoxi fenólico Dorado B-460	Proceso	HDS. Barniz Epoxi fenólico Dorado B-460	N/A	N/A
BM349	Barniz Transparente UREA DAYMO B-370	Proceso	HDS. Barniz Transparente Urea Daymo B-370	N/A	N/A
BM350	Barniz verde Olivo Grief	Proceso	HDS. Barniz Verde Olivo Grief	N/A	N/A
BM351	Barniz verde Olivo Valspar	Proceso	HDS. Barniz Verde Olivo Valspar	N/A	N/A
BM352	Barniz Gris PGG	Proceso	HDS. Barniz Gris Pgg	N/A	N/A
BM353	Barniz Gris Valspar	Proceso	HDS. Barniz Gris Valspar	N/A	N/A
BM354	Barniz Rojo Valspar	Proceso	HDS. Barniz Rojo Valspar	N/A	N/A
BM355	Esmaltes alquidálicos DIAMEX	Proceso	HDS. Esmaltes Alquidálicos Diamex	N/A	N/A
BM356	Esmaltes alquidálicos EUROQUIMICA	Proceso	HDS. Esmaltes Alquidálicos Euroquímica	N/A	N/A
BM357	Esmaltes alquidálico Innovadora	Proceso	HDS. Esmaltes Alquidálico Innovadora	N/A	N/A
BM358	Barniz L1:114-10-C05	Proceso	HDS. Barniz L1:114-10-C05	N/A	N/A
BM359	Barniz L15:407-10-R03 JG	Proceso	HDS. Barniz L15:407-10-R03 Jg	N/A	N/A
BM360	Barniz L35:412-10-B09	Proceso	HDS. Barniz L35:412-10-B09	N/A	N/A
BM361	Barniz L40:119-13-C10	Proceso	HDS. Barniz L40:119-13-C10	N/A	N/A
BM362	Barniz L40:119-16-C23	Proceso	HDS. Barniz L40:119-16-C23	N/A	N/A
BM363	Barniz L5X:404-09-D03	Proceso	HDS. Barniz L5X:404-09-D03	N/A	N/A
BM364	Acondicionador P-300	Proceso	HDS. Acondicionador P-300	N/A	N/A
BM365	Tolueno (Solvmex)	Proceso	HDS. Tolueno (Solvmex)	N/A	N/A
BM366	Tolueno (ALVEG)	Proceso	HDS. Tolueno (Alveg)	N/A	N/A
BM367	Tolueno (NOVASOL)	Proceso	HDS. Tolueno (Novasol)	N/A	N/A
BM368	Metalex Blanco Acabado	Proceso	HDS. Metalex Blanco Acabado	N/A	N/A
BM369	Aerocomex Negro Brillante	Proceso	HDS. Aerocomex Negro Brillante	N/A	N/A
BM370	Aerocomex Primario Gris	Proceso	HDS. Aerocomex Primario Gris	N/A	N/A
BM371	Esmalte Acrílico Gris Mate	Proceso	HDS. Esmalte Acrílico Gris Mate	N/A	N/A
BM372	Aerocomex Negro Mate / Esmalte Acrílico Negro Mate	Proceso	HDS. Aerocomex Negro Mate / Esmalte Acrílico Negro Mate	N/A	N/A
BM373	cartucho solvente v750-D	Proceso	HDS. Cartucho Solvente V750-D	N/A	N/A
BM374	HOTEMP 2000 spray	Proceso	HDS. Hotemp 2000 Spray	N/A	N/A
BM375	IMPER TOP S	Proceso	HDS. Imper Top S	N/A	N/A
BM376	Flash Coat	Proceso	HDS. Flash Coat	N/A	N/A
BM378	OK XPAND 330 ML	Proceso	HDS. Ok Xpand 330 Ml	N/A	N/A
BM379	Vinimex Total Satinado Blanco	Proceso	HDS. Vinimex Total Satinado Blanco	N/A	N/A
BM380	cartucho solvente v750-D	Proceso	HDS. Cartucho Solvente V750-D	N/A	N/A
BM381	tinta IC-2BK009	Proceso	HDS. Tinta Ic-2Bk009	N/A	N/A
BM382	Removedor Industrial	Proceso	HDS. Removedor Industrial	N/A	N/A
BM383	catalizador B60VJ11	Proceso	HDS. Catalizador B60Vj11	N/A	N/A
BM384	v-410-D	Proceso	HDS. V-410-D	N/A	N/A
BM385	Esmalte secado rápido	Proceso	HDS. Esmalte Secado Rápido	N/A	N/A
BM386	Tinta IC-299BK	Proceso	HDS. Tinta Ic-299Bk	N/A	N/A
BM387	Alcohol Isopropilico	Proceso	HDS. Alcohol Isopropilico	N/A	N/A
BM388	Adelgazador B-731	Proceso	HDS. Adelgazador B-731	N/A	N/A
BM389	Acetona Industrial	Proceso	HDS. Acetona Industrial	N/A	N/A

BM390	Gas B (Disolventes Alifáticos)	Proceso	HDS. Gas B (Disolventes Alifáticos)	N/A	N/A
BM391	Pintura Automotriz Acrílica De Secado Rápido	Proceso	HDS. Pintura Automotriz Acrílica De Secado Rápido	N/A	N/A
BM392	Aqp-100 Solventes Hidrocarbonatos (Thinner)	Proceso	HDS. Aqp-100 Solventes Hidrocarbonatos (Thinner)	N/A	N/A
BM393	Metil Etil Cetona	Proceso	HDS. Metil Etil Cetona	N/A	N/A
BM394	Solución Para Fuente HSW-101 T	Proceso	HDS. Solución Para Fuente Hsw-101 T	N/A	N/A
BM395	Acetona	Proceso	HDS. Acetona	N/A	N/A
BM396	Alcohol etílico	Proceso	HDS. Alcohol Etílico	N/A	N/A
BM397	Ciclohexanona	Proceso	HDS. Ciclohexanona	N/A	N/A
BM398	Cloroformo	Proceso	HDS. Cloroformo	N/A	N/A
BM399	2-cianoacrilato de etilo	Proceso	HDS. 2-Cianoacrilato De Etilo	N/A	N/A
BM400	Loctite Aflojatodo	Proceso	HDS. Loctite Aflojatodo	N/A	N/A
BM401	Cosmético para bandas	Proceso	HDS. Cosmético Para Bandas	N/A	N/A
BM402	Loctite LB 8108	Proceso	HDS. Loctite Lb 8108	N/A	N/A
BM403	LPS CFC Aflojatodo	Proceso	HDS. Lps Cfc Aflojatodo	N/A	N/A
BM404	Esmalte en aerosol	Proceso	HDS. Esmalte En Aerosol	N/A	N/A
BM405	Pintura de aceite Vinimex	Proceso	HDS. Pintura De Aceite Vinimex	N/A	N/A
BM406	Solvente para tinta mathews thinner	Proceso	HDS. Solvente Para Tinta Mathews Thinner	N/A	N/A
BM407	Tinta negra mathews M123	Proceso	HDS. Tinta Negra Mathews M123	N/A	N/A
BM408	Tinta negra mathews 81161	Proceso	HDS. Tinta Negra Mathews 81161	N/A	N/A
BM409	Tinta blanca mathews M123	Proceso	HDS. Tinta Blanca Mathews M123	N/A	N/A
BM410	WD-40	Proceso	HDS. Wd-40	N/A	N/A
BM411	F75	Proceso	HDS. F75	N/A	N/A
BM412	Esmalte secado rápido	Proceso	HDS. Esmalte Secado Rápido	N/A	N/A
BM413	Esmalte Alquidálico de secado rápido blanco	Proceso	HDS. Esmalte Alquidálico De Secado Rápido Blanco	N/A	N/A
BM414	P.A.B. Negro Mate	Proceso	HDS. P.A.B. Negro Mate	N/A	N/A
BM415	F75 Amarillo Cromo	Proceso	HDS. F75 Amarillo Cromo	N/A	N/A
BM416	Super Kemtone Satín Blanco	Proceso	HDS. Super Kemtone Satín Blanco	N/A	N/A
BM417	Super Kemtone Satín Ew	Proceso	HDS. Super Kemtone Satín Ew	N/A	N/A
BM418	Super Kemtone Satín Db	Proceso	HDS. Super Kemtone Satín Db	N/A	N/A
BM419	Metalex Transparente	Proceso	HDS. Metalex Transparente	N/A	N/A
BM420	Pro Industrial Dtm Acrylic Gloss	Proceso	HDS. Pro Industrial Dtm Acrylic Gloss	N/A	N/A
BM421	Esmalte epóxico antibacterial	Proceso	HDS. Esmalte Epóxico Antibacterial	N/A	N/A
BM422	Pintura Spray Bco 301	Proceso	HDS. Pintura Spray Bco 301	N/A	N/A
BM423	Aluminio Mediano	Proceso	HDS. Aluminio Mediano	N/A	N/A
BM424	Aero Comex Blanco	Proceso	HDS. Aero Comex Blanco	N/A	N/A
BM425	Pintura roja spray (AeroComex)	Proceso	HDS. Pintura Roja Spray (Aerocomex)	N/A	N/A
BM426	Techolastic Rojo Terraco	Proceso	HDS. Techolastic Rojo Terraco	N/A	N/A
BM427	BioQuat 20 Desinfectante	Proceso	HDS. Bioquat 20 Desinfectante	N/A	N/A
BM428	WL-200 WASH	Proceso	HDS. Wl-200 Wash	N/A	N/A
BM429	Ácido Acético	Proceso	HDS. Ácido Acético	N/A	N/A
BM430	Fondo De Poliuretano	Proceso	HDS. Fondo De Poliuretano	N/A	N/A
BM431	Retardador	Proceso	HDS. Retardador	N/A	N/A
BM432	formaldehído	Proceso	HDS. Formaldehído	N/A	N/A
BM433	bencina	Proceso	HDS. Bencina	N/A	N/A
BM434	Resistol blanco	Proceso	HDS. Resistol Blanco	N/A	N/A
BM435	Dermabac fc	Proceso	HDS. Dermabac Fc	N/A	N/A
BM436	Acetato de n-propilo	Proceso	HDS. Acetato De N-Propilo	N/A	N/A
BM437	Acetato de butilo	Proceso	HDS. Acetato De Butilo	N/A	N/A
BM438	Tintas Entonasayer	Proceso	HDS. Tintas Entonasayer	N/A	N/A

BM439	Estuco UV RD	Proceso	HDS. Estuco Uv Rd	N/A	N/A
BM440	Fondo UV SP	Proceso	HDS. Fondo Uv Sp	N/A	N/A
BM441	Urerapid Fond	Proceso	HDS. Urerapid Fond	N/A	N/A
BM442	Enduresayer	Proceso	HDS. Enduresayer	N/A	N/A
BM443	Mezcla flexo	Proceso	HDS. Mezcla Flexo	N/A	N/A
BM444	Wash Hibrido	Proceso	HDS. Wash Hibrido	N/A	N/A
BM445	Laca Mate Uv Sp 5 Ub	Proceso	HDS. Laca Mate Uv Sp 5 Ub	N/A	N/A
BM446	Powercron Black Paste	Proceso	HDS. Powercron Black Paste	N/A	N/A
BM447	Powercron Resin	Proceso	HDS. Powercron Resin	N/A	N/A
BM448	Pintura Secado Al Aire (Lata)	Proceso	HDS. Pintura Secado Al Aire (Lata)	N/A	N/A
BM449	Limpiador	Proceso	HDS. Limpiador	N/A	N/A
BM450	Primer	Proceso	HDS. Primer	N/A	N/A
BM451	Reductor	Proceso	HDS. Reductor	N/A	N/A
BM452	lavador de rodillos mantillas	Proceso	HDS. Lavador De Rodillos Mantillas	N/A	N/A
BM453	Arbenol SM	Proceso	HDS. Arbenol Sm	N/A	N/A
BM454	ATX 3.5 Medium Reducer	Proceso	HDS. Atx 3.5 Medium Reducer	N/A	N/A
BM455	Awx Performance Plus Standard Repair Basecoat Reducer	Proceso	HDS. Awx Performance Plus Standard Repair Basecoat Reducer	N/A	N/A
BM456	Awx Performance Plus Waterorne Basecoat System, All Colors	Proceso	HDS. Awx Performance Plus Waterorne Basecoat System, All Colors	N/A	N/A
BM457	Ultra 7000, Arctic White	Proceso	HDS. Ultra 7000, Arctic White	N/A	N/A
BM458	Haps Free Stabilizer, Medium	Proceso	HDS. Haps Free Stabilizer, Medium	N/A	N/A
BM459	Atx Low Voc Basecoat Reducer Fast	Proceso	HDS. Atx Low Voc Basecoat Reducer Fast	N/A	N/A
BM460	Atx Mixing Color White	Proceso	HDS. Atx Mixing Color White	N/A	N/A
BM461	Atx Standard Basecoat Binder	Proceso	HDS. Atx Standard Basecoat Binder	N/A	N/A
BM462	Atx 3.5 Slow Reducer	Proceso	HDS. Atx 3.5 Slow Reducer	N/A	N/A
BM463	Atx Nr Basecoat Reducer Slow	Proceso	HDS. Atx Nr Basecoat Reducer Slow	N/A	N/A
BM464	Atx 3.5 Mixing Clear	Proceso	HDS. Atx 3.5 Mixing Clear	N/A	N/A
BM465	Atx Mixing Color Black	Proceso	HDS. Atx Mixing Color Black	N/A	N/A
BM466	Atx Toner, Extra Fine Aluminum	Proceso	HDS. Atx Toner, Extra Fine Aluminum	N/A	N/A
GPs-1-Buteno	SP (fracción=1, especie 1-Buteno)	Proceso	1-Buteno	N/A	N/A
GPs-1-Penteno	SP (fracción=1, especie 1-Penteno)	Proceso	1-Penteno	N/A	N/A
GPs-2-Bifenilol	SP (fracción=1, especie 2-Bifenilol)	Proceso	2-Bifenilol	N/A	N/A
GPs-3-Etoxipropionato de etilo	SP (fracción=1, especie 3-Etoxipropionato de etilo)	Proceso	3-Etoxipropionato de etilo	N/A	N/A
GPs-Acetaldehido	SP (fracción=1, especie Acetaldehído)	Proceso	Acetaldehído	N/A	N/A
GPs-Acetato de 1-metil-2-metoxietilo	SP (fracción=1, especie Acetato de 1-metil-2-metoxietilo)	Proceso	Acetato de 1-metil-2-metoxietilo	N/A	N/A
GPs-Acetato de 2-butoxietilo	SP (fracción=1, especie Acetato de 2-butoxietilo)	Proceso	Acetato de 2-butoxietilo	N/A	N/A
GPs-Acetato de etilo	SP (fracción=1, especie Acetato de etilo)	Proceso	Acetato de etilo	N/A	N/A
GPs-Acetato de isobutilo	SP (fracción=1, especie Acetato de isobutilo)	Proceso	Acetato de isobutilo	N/A	N/A
GPs-Acetato de isopropilo	SP (fracción=1, especie Acetato de isopropilo)	Proceso	Acetato de isopropilo	N/A	N/A
GPs-Acetato de metilo	SP (fracción=1, especie Acetato de metilo)	Proceso	Acetato de metilo	N/A	N/A
GPs-Acetato de n-butilo	SP (fracción=1, especie Acetato de n-butilo)	Proceso	Acetato de n-butilo	N/A	N/A

GPs-Acetato de n-propilo	SP (fracción=1, especie Acetato de n-propilo)	Proceso	Acetato de n-propilo	N/A	N/A
GPs-Acetato de vinilo	SP (fracción=1, especie Acetato de vinilo)	Proceso	Acetato de vinilo	N/A	N/A
GPs-Acetona	SP (fracción=1, especie Acetona)	Proceso	Acetona	N/A	N/A
GPs-Ácido acético	SP (fracción=1, especie Ácido acético)	Proceso	Ácido acético	N/A	N/A
GPs-Acrilonitrilo	SP (fracción=1, especie Acrilonitrilo)	Proceso	Acrilonitrilo	N/A	N/A
GPs-Alcohol bencílico	SP (fracción=1, especie Alcohol bencílico)	Proceso	Alcohol bencílico	N/A	N/A
GPs-Alcohol diacetónico	SP (fracción=1, especie Alcohol diacetónico)	Proceso	Alcohol diacetónico	N/A	N/A
GPs-Alcohol etílico	SP (fracción=1, especie Alcohol etílico)	Proceso	Alcohol etílico	N/A	N/A
GPs-Alcohol isobutílico	SP (fracción=1, especie Alcohol isobutílico)	Proceso	Alcohol isobutílico	N/A	N/A
GPs-Alcohol Isopropílico	SP (fracción=1, especie Alcohol Isopropílico)	Proceso	Alcohol Isopropílico	N/A	N/A
GPs-Alcohol metílico	SP (fracción=1, especie Alcohol metílico)	Proceso	Alcohol metílico	N/A	N/A
GPs-Alcohol n-butílico	SP (fracción=1, especie Alcohol n-butílico)	Proceso	Alcohol n-butílico	N/A	N/A
GPs-Alcohol n-propílico	SP (fracción=1, especie Alcohol n-propílico)	Proceso	Alcohol n-propílico	N/A	N/A
GPs-Benceno	SP (fracción=1, especie Benceno)	Proceso	Benceno	N/A	N/A
GPs-Bencil butil ftalato	SP (fracción=1, especie Bencil butil ftalato)	Proceso	Bencil butil ftalato	N/A	N/A
GPs-Butil celosolve o 2-butoxietanol	SP (fracción=1, especie Butil celosolve o 2-butoxietanol)	Proceso	Butil celosolve o 2-butoxietanol	N/A	N/A
GPs-Butil isopropil ftalato	SP (fracción=1, especie Butil isopropil ftalato)	Proceso	Butil isopropil ftalato	N/A	N/A
GPs-C5 Alquilfenol	SP (fracción=1, especie C5 Alquilfenol)	Proceso	C5 Alquilfenol	N/A	N/A
GPs-Carbitol	SP (fracción=1, especie Carbitol)	Proceso	Carbitol	N/A	N/A
GPs-Cariofileno	SP (fracción=1, especie Cariofileno)	Proceso	Cariofileno	N/A	N/A
GPs-Ciclohexanona	SP (fracción=1, especie Ciclohexanona)	Proceso	Ciclohexanona	N/A	N/A
GPs-Ciclohexeno	SP (fracción=1, especie Ciclohexeno)	Proceso	Ciclohexeno	N/A	N/A
GPs-Cloroformo	SP (fracción=1, especie Cloroformo)	Proceso	Cloroformo	N/A	N/A
GPs-Cloruro de metileno	SP (fracción=1, especie Cloruro de metileno)	Proceso	Cloruro de metileno	N/A	N/A
GPs-Cloruro de vinil	SP (fracción=1, especie Cloruro de vinil)	Proceso	Cloruro de vinil	N/A	N/A
GPs-COVs indefinidos	SP (fracción=1, especie COVs indefinidos)	Proceso	COVs indefinidos	N/A	N/A
GPs-Cumeno o isopropilbenceno	SP (fracción=1, especie Cumeno o isopropilbenceno)	Proceso	Cumeno o isopropilbenceno	N/A	N/A
GPs-Dibutil ftalato	SP (fracción=1, especie Dibutil ftalato)	Proceso	Dibutil ftalato	N/A	N/A
GPs-Dimetilheptanol	SP (fracción=1, especie Dimetilheptanol)	Proceso	Dimetilheptanol	N/A	N/A
GPs-Dimetiloctanol	SP (fracción=1, especie Dimetiloctanol)	Proceso	Dimetiloctanol	N/A	N/A

GPs-Dimetilundecano	SP (fracción=1, especie Dimetilundecano)	Proceso	Dimetilundecano	N/A	N/A
GPs-Eicosano	SP (fracción=1, especie Eicosano)	Proceso	Eicosano	N/A	N/A
GPs-Estireno	SP (fracción=1, especie Estireno)	Proceso	Estireno	N/A	N/A
GPs-Etano	SP (fracción=1, especie Etano)	Proceso	Etano	N/A	N/A
GPs-Éter de petróleo	SP (fracción=1, especie Éter de petróleo)	Proceso	Éter de petróleo	N/A	N/A
GPs-Éter etil propilenglicol	SP (fracción=1, especie Éter etil propilenglicol)	Proceso	Éter etil propilenglicol	N/A	N/A
GPs-Etilbenceno	SP (fracción=1, especie Etilbenceno)	Proceso	Etilbenceno	N/A	N/A
GPs-Etilenglicol	SP (fracción=1, especie Etilenglicol)	Proceso	Etilenglicol	N/A	N/A
GPs-Etileno	SP (fracción=1, especie Etileno)	Proceso	Etileno	N/A	N/A
GPs-Etiloctano	SP (fracción=1, especie Etiloctano)	Proceso	Etiloctano	N/A	N/A
GPs-Fenol	SP (fracción=1, especie Fenol)	Proceso	Fenol	N/A	N/A
GPs-Formaldehido	SP (fracción=1, especie Formaldehido)	Proceso	Formaldehido	N/A	N/A
GPs-Gasolina blanca disolvente stoddard	SP (fracción=1, especie Gasolina blanca disolvente stoddard)	Proceso	Gasolina blanca disolvente stoddard	N/A	N/A
GPs-Hexadecano	SP (fracción=1, especie Hexadecano)	Proceso	Hexadecano	N/A	N/A
GPs-Isobutenil metil cetona	SP (fracción=1, especie Isobutenil metil cetona)	Proceso	Isobutenil metil cetona	N/A	N/A
GPs-Isoforona	SP (fracción=1, especie Isoforona)	Proceso	Isoforona	N/A	N/A
GPs-Isómeros de butilbenceno	SP (fracción=1, especie Isómeros de butilbenceno)	Proceso	Isómeros de butilbenceno	N/A	N/A
GPs-Isómeros de heptadecano	SP (fracción=1, especie Isómeros de heptadecano)	Proceso	Isómeros de heptadecano	N/A	N/A
GPs-Isómeros de octadecano	SP (fracción=1, especie Isómeros de octadecano)	Proceso	Isómeros de octadecano	N/A	N/A
GPs-Isómeros de pentadecano	SP (fracción=1, especie Isómeros de pentadecano)	Proceso	Isómeros de pentadecano	N/A	N/A
GPs-Metil amil cetona	SP (fracción=1, especie Metil amil cetona)	Proceso	Metil amil cetona	N/A	N/A
GPs-Metil carbitol	SP (fracción=1, especie Metil carbitol)	Proceso	Metil carbitol	N/A	N/A
GPs-Metil ciclohexano	SP (fracción=1, especie Metil ciclohexano)	Proceso	Metil ciclohexano	N/A	N/A
GPs-Metil etil cetona	SP (fracción=1, especie Metil etil cetona)	Proceso	Metil etil cetona	N/A	N/A
GPs-Metil heptanol	SP (fracción=1, especie Metil heptanol)	Proceso	Metil heptanol	N/A	N/A
GPs-Metil isobutil cetona	SP (fracción=1, especie Metil isobutil cetona)	Proceso	Metil isobutil cetona	N/A	N/A
GPs-Metil undecano	SP (fracción=1, especie Metil undecano)	Proceso	Metil undecano	N/A	N/A
GPs-Nafta de petróleo	SP (fracción=1, especie Nafta de petróleo)	Proceso	Nafta de petróleo	N/A	N/A
GPs-n-Butano	SP (fracción=1, especie n-Butano)	Proceso	n-Butano	N/A	N/A

GPs-n-Butil acetato	SP (fracción=1, especie n-Butil acetato)	Proceso	n-Butil acetato	N/A	N/A
GPs-n-Fenilnilina	SP (fracción=1, especie n-Fenilnilina)	Proceso	n-Fenilnilina	N/A	N/A
GPs-n-Heptano	SP (fracción=1, especie n-Heptano)	Proceso	n-Heptano	N/A	N/A
GPs-n-Hexano	SP (fracción=1, especie n-Hexano)	Proceso	n-Hexano	N/A	N/A
GPs-Nonadecano	SP (fracción=1, especie Nonadecano)	Proceso	Nonadecano	N/A	N/A
GPs-n-Propano	SP (fracción=1, especie n-Propano)	Proceso	n-Propano	N/A	N/A
GPs-Oxima de 2-butanona	SP (fracción=1, especie Oxima de 2-butanona)	Proceso	Oxima de 2-butanona	N/A	N/A
GPs-Percloroetileno	SP (fracción=1, especie Percloroetileno)	Proceso	Percloroetileno	N/A	N/A
GPs-Piridina	SP (fracción=1, especie Piridina)	Proceso	Piridina	N/A	N/A
GPs-Propilenglicol	SP (fracción=1, especie Propilenglicol)	Proceso	Propilenglicol	N/A	N/A
GPs-Propileno	SP (fracción=1, especie Propileno)	Proceso	Propileno	N/A	N/A
GPs-Toluen diisocianato	SP (fracción=1, especie Toluen diisocianato)	Proceso	Toluen diisocianato	N/A	N/A
GPs-Tolueno	SP (fracción=1, especie Tolueno)	Proceso	Tolueno	N/A	N/A
GPs-Trimetildecano	SP (fracción=1, especie Trimetildecano)	Proceso	Trimetildecano	N/A	N/A
GPs-Trimetiloctano	SP (fracción=1, especie Trimetiloctano)	Proceso	Trimetiloctano	N/A	N/A
GPs-Xileno	SP (fracción=1, especie Xileno)	Proceso	Xileno	N/A	N/A
GPs-Xilol	SP (fracción=1, especie Xilol)	Proceso	Xilol	N/A	N/A
GPs-Aluminio	SP (fracción=1, especie Aluminio)	Proceso	N/A	Aluminio	Aluminio
GPs-Amonio	SP (fracción=1, especie Amonio)	Proceso	N/A	Amonio	Amonio
GPs-Antimonio	SP (fracción=1, especie Antimonio)	Proceso	N/A	Antimonio	Antimonio
GPs-Arsénico	SP (fracción=1, especie Arsénico)	Proceso	N/A	Arsénico	Arsénico
GPs-Azufre	SP (fracción=1, especie Azufre)	Proceso	N/A	Azufre	Azufre
GPs-Bario	SP (fracción=1, especie Bario)	Proceso	N/A	Bario	Bario
GPs-Bismuto	SP (fracción=1, especie Bismuto)	Proceso	N/A	Bismuto	Bismuto
GPs-Boro	SP (fracción=1, especie Boro)	Proceso	N/A	Boro	Boro
GPs-Bromo	SP (fracción=1, especie Bromo)	Proceso	N/A	Bromo	Bromo
GPs-Cadmio	SP (fracción=1, especie Cadmio)	Proceso	N/A	Cadmio	Cadmio
GPs-Calcio	SP (fracción=1, especie Calcio)	Proceso	N/A	Calcio	Calcio
GPs-Carbón negro	SP (fracción=1, especie Carbón negro)	Proceso	N/A	Carbón negro	Carbón negro
GPs-Carbono orgánico	SP (fracción=1, especie Carbono orgánico)	Proceso	N/A	Carbono orgánico	Carbono orgánico
GPs-Carbonato	SP (fracción=1, especie Carbonato)	Proceso	N/A	Carbonato	Carbonato
GPs-Carbono total	SP (fracción=1, especie Carbono total)	Proceso	N/A	Carbono total	Carbono total

GPs-Cerio	SP (fracción=1, especie Cerio)	Proceso	N/A	Cerio	Cerio
GPs-Cloro	SP (fracción=1, especie Cloro)	Proceso	N/A	Cloro	Cloro
GPs-Cobalto	SP (fracción=1, especie Cobalto)	Proceso	N/A	Cobalto	Cobalto
GPs-Cobre	SP (fracción=1, especie Cobre)	Proceso	N/A	Cobre	Cobre
GPs-Cromato de potasio	SP (fracción=1, especie Cromato de potasio)	Proceso	N/A	Cromato de potasio	Cromato de potasio
GPs-Cromo	SP (fracción=1, especie Cromo)	Proceso	N/A	Cromo	Cromo
GPs-Dicromato de potasio	SP (fracción=1, especie Dicromato de potasio)	Proceso	N/A	Dicromato de potasio	Dicromato de potasio
GPs-Estaño	SP (fracción=1, especie Estaño)	Proceso	N/A	Estaño	Estaño
GPs-Estroncio	SP (fracción=1, especie Estroncio)	Proceso	N/A	Estroncio	Estroncio
GPs-Flúor	SP (fracción=1, especie Flúor)	Proceso	N/A	Flúor	Flúor
GPs-Fosfato de hierro	SP (fracción=1, especie Fosfato de hierro)	Proceso	N/A	Fosfato de hierro	Fosfato de hierro
GPs-Fosforo	SP (fracción=1, especie Fosforo)	Proceso	N/A	Fosforo	Fosforo
GPs-Galio	SP (fracción=1, especie Galio)	Proceso	N/A	Galio	Galio
GPs-Hierro	SP (fracción=1, especie Hierro)	Proceso	N/A	Hierro	Hierro
GPs-Indio	SP (fracción=1, especie Indio)	Proceso	N/A	Indio	Indio
GPs-Lantano	SP (fracción=1, especie Lantano)	Proceso	N/A	Lantano	Lantano
GPs-Magnesio	SP (fracción=1, especie Magnesio)	Proceso	N/A	Magnesio	Magnesio
GPs-Manganeso	SP (fracción=1, especie Manganeso)	Proceso	N/A	Manganeso	Manganeso
GPs-Mercurio	SP (fracción=1, especie Mercurio)	Proceso	N/A	Mercurio	Mercurio
GPs-Molibdeno	SP (fracción=1, especie Molibdeno)	Proceso	N/A	Molibdeno	Molibdeno
GPs-Níquel	SP (fracción=1, especie Níquel)	Proceso	N/A	Níquel	Níquel
GPs-Nitratos	SP (fracción=1, especie Nitratos)	Proceso	N/A	Nitratos	Nitratos
GPs-Otros	SP (fracción=1, especie Otros)	Proceso	N/A	Otros	Otros
GPs-Óxido de hierro	SP (fracción=1, especie Óxido de hierro)	Proceso	N/A	Óxido de hierro	Óxido de hierro
GPs-Paladio	SP (fracción=1, especie Paladio)	Proceso	N/A	Paladio	Paladio
GPs-Plata	SP (fracción=1, especie Plata)	Proceso	N/A	Plata	Plata
GPs-Plomo	SP (fracción=1, especie Plomo)	Proceso	N/A	Plomo	Plomo
GPs-Potasio	SP (fracción=1, especie Potasio)	Proceso	N/A	Potasio	Potasio
GPs-Rubidio	SP (fracción=1, especie Rubidio)	Proceso	N/A	Rubidio	Rubidio
GPs-Selenio	SP (fracción=1, especie Selenio)	Proceso	N/A	Selenio	Selenio
GPs-Silicio	SP (fracción=1, especie Silicio)	Proceso	N/A	Silicio	Silicio
GPs-Sodio	SP (fracción=1, especie Sodio)	Proceso	N/A	Sodio	Sodio
GPs-Sulfato	SP (fracción=1, especie Sulfato)	Proceso	N/A	Sulfato	Sulfato

GPs-Titanio	SP (fracción=1, especie Titanio)	Proceso	N/A	Titanio	Titanio
GPs-Vanadio	SP (fracción=1, especie Vanadio)	Proceso	N/A	Vanadio	Vanadio
GPs-Yodo	SP (fracción=1, especie Yodo)	Proceso	N/A	Yodo	Yodo
GPs-Zinc	SP (fracción=1, especie Zinc)	Proceso	N/A	Zinc	Zinc
GPs-Zirconio	SP (fracción=1, especie Zirconio)	Proceso	N/A	Zirconio	Zirconio
GPs-Ciclohexano	SP (fracción=1, especie Ciclohexano)	Proceso	Ciclohexano	N/A	N/A
GPs-Fenil isocianato	SP (fracción=1, especie Fenil isocianato)	Proceso	Fenil isocianato	N/A	N/A
GPs-Tetracloruro de Carbono	SP (fracción=1, especie Tetracloruro de Carbono)	Proceso	Tetracloruro de Carbono	N/A	N/A
GPs-Metacrilato de metilo	SP (fracción=1, especie Metacrilato de metilo)	Proceso	Metacrilato de metilo	N/A	N/A
GPs-Heneicosano	SP (fracción=1, especie Heneicosano)	Proceso	Heneicosano	N/A	N/A
GPs-Olefinas C10	SP (fracción=1, especie Olefinas C10)	Proceso	Olefinas C10	N/A	N/A
GPs-Espíritus minerales	SP (fracción=1, especie Espíritus minerales)	Proceso	Espíritus minerales	N/A	N/A
GPs- Metano	SP (fracción=1, especie Metano)	Proceso	Metano	N/A	N/A
GPs-No definidos	SP (fracción=1, especie No definidos)	Proceso	No definidos	N/A	N/A
GPs-Estireno	SP (fracción=1, especie Estireno)	Proceso	Estireno	N/A	N/A
GPs-Éter de petróleo - Ligroína	SP (fracción=1, especie Éter de petróleo - Ligroína)	Proceso	Éter de petróleo -Ligroína	N/A	N/A
GPs-M-Xileno	SP (fracción=1, especie M-Xileno)	Proceso	M-Xileno	N/A	N/A
GPs-Óxido de Hierro Negro	SP (fracción=1, especie Óxido de Hierro Negro)	Proceso	N/A	Óxido de hierro negro	Óxido de hierro negro
GPs-Cloro radical	SP (fracción=1, especie Cloro radical)	Proceso	N/A	Cloro radical	Cloro radical
GPs-Ion potasio	SP (fracción=1, especie Ion potasio)	Proceso	N/A	Ion potasio	Ion potasio

SP: Sustancia Pura.
HDS: Hoja de seguridad.



Fuentes de Área

TABLA DE CONTENIDOS

FUENTES DE ÁREA.....	61
1. Combustión e Hidrocarburos no quemados (HCNQ).....	61
1.1. Combustión.....	61
1.2. HCNQ en la combustión de gas L.P.....	63
2. Fuentes móviles que no circulan por carreteras.....	64
2.1. Operación de locomotoras.....	64
2.2. Operación de aeronaves.....	65
2.2.1. Operaciones Comerciales.....	65
2.2.2. Operación del Gobierno.....	65
2.3. Terminales de autobuses.....	66
3. Uso de solventes y productos que los contienen.....	67
3.1. Estimación de emisiones por empleado.....	67
3.1.1. Limpieza de superficies industriales.....	67
3.1.2. Lavado en seco – gas nafta.....	68
3.2. Estimación de emisiones por consumo.....	68
3.2.1. Recubrimientos de superficies arquitectónicas.....	69
3.2.2. Pintura de tránsito.....	69
3.2.3. Pinturas en aerosol.....	69
3.3. Estimación de emisiones per cápita.....	70
3.4. Estimación de emisiones por establecimiento.....	70
3.4.1. Artes gráficas.....	71
3.4.2. Repintado automotriz.....	71
3.4.3. Lavado en seco - Percloroetileno.....	72
3.4.4. Recubrimiento de superficies industriales.....	73
3.5. Estimación por longitud de vialidades pavimentadas.....	73
3.5.1. Aplicación de Asfalto.....	73
4. Distribución, fugas y almacenamiento de combustibles.....	74
4.1. Almacenamiento, distribución y venta de gasolina.....	74
4.1.1. Estimación de emisiones por pérdidas de traslado (E1).....	75
4.1.2. Estimación de emisiones por la descarga de pipas a estaciones de servicio (E2).....	75
4.1.3. Estimación de emisiones por respiración de tanques subterráneos (E3).....	76
4.1.4. Estimación de emisiones por recarga de gasolina en vehículos (E4).....	76
4.1.5. Estimación de emisiones por derrames de combustible en la recarga E5.....	76
4.2. Carga de combustible en aeronaves.....	77
4.3. Almacenamiento y distribución de gas L.P.....	78
4.4. Fugas en instalaciones de gas L.P.....	79
4.4.1. Emisiones de COT y COV.....	79
4.4.2. Emisiones de GEI.....	80
5. Fuentes industriales y comerciales.....	80
5.1. Panaderías.....	80
5.2. Esterilización en hospitales.....	81
5.3. Mantenimiento de aires acondicionados domésticos.....	82
6. Manejo de residuos urbanos.....	82

6.1.	Rellenos Sanitarios	82
6.2.	Tratamiento biológico de Residuos (Composta)	83
6.3.	Quema de residuos a cielo abierto	84
6.4.	Residuos sólidos no gestionados	85
6.5.	Tratamiento de aguas residuales (aguas tratadas y no tratadas)	85
6.5.1.	Emisiones COT y COV	85
6.5.2.	Emisiones de GEI	86
7.	Fuentes misceláneas	87
7.1.	Incendios en estructuras	87
7.2.	Incendios forestales.....	89
7.3.	Quemas controladas.....	90
7.4.	Emisiones domésticas	91
7.5.	Vialidades pavimentadas	92
7.6.	Vialidades no pavimentadas	93
7.7.	Asados al carbón	96
8.	Agricultura.....	97
8.1.	Aplicación de plaguicidas	97
8.2.	Aplicación de fertilizantes	98
8.3.	Quemas agrícolas.....	99
8.4.	Labranza agrícola.....	100
8.5.	Maquinaria agrícola.....	104
9.	Ganadería	105
9.1.	Corrales de engorda	105
9.2.	Emisiones ganaderas de amoniaco.....	106
9.3.	Fermentación entérica.....	107
9.4.	Manejo de estiércol.....	107
9.4.1.	Emisiones de óxido nitroso.....	107
9.4.2.	Emisiones de metano.....	108
10.	Actividades de la construcción	109
10.1.	Uso de maquinaria	109
10.2.	Emisiones fugitivas, por manejo de materiales y movimiento de tierra	114
10.2.1.	Emisiones por construcción y demolición	114
11.	Matriz de Energía	116
12.	Especiación de contaminantes tóxicos	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores de emisión por tipo de combustible y sector.....	61
Tabla 2. Factores de emisión por tipo de combustible y sector de GEI.....	62
Tabla 3. Consumo de gas L.P. por sector en la ZMVM.....	63
Tabla 4. Consumo de gas natural por sector en la ZMVM.....	63
Tabla 5. Consumo de leña, diésel y carbón por sector en la ZMVM.....	63
Tabla 6. Factores de emisión por HCNQ durante la combustión.....	63
Tabla 7. Número de viviendas por tipo de equipamiento en la ZMVM.....	63
Tabla 8. Volumen de gas L.P. en la ZMVM.....	64
Tabla 9. Factores de emisión para locomotoras.....	64
Tabla 10. Combustible consumido por locomotoras.....	65
Tabla 11. Reporte de operaciones del Aeropuerto Internacional Benito Juárez.....	65
Tabla 12. Consumo de combustibles por operaciones del gobierno.....	66
Tabla 13. Factores de emisión para el sector Gobierno [t/LTO].....	66
Tabla 14. Número de corridas por terminal.....	66
Tabla 15. Archivos de entrada en el modelo MOVES-CDMX.....	66
Tabla 16. Factores de emisión para limpieza de superficies industriales.....	68
Tabla 17. Factores de emisión por Lavado en seco - gas nafta.....	68
Tabla 18. Número de establecimientos y empleados.....	68
Tabla 19. Factores de emisión por uso de recubrimientos arquitectónicos.....	69
Tabla 20. Factores de emisión para pintura de tránsito.....	69
Tabla 21. Factores de emisión para pinturas en aerosol.....	69
Tabla 22. Factores de emisión per cápita.....	70
Tabla 23. Población de la Zona Metropolitana del Valle de México.....	70
Tabla 24. Número de establecimientos por alcaldía y municipio.....	71
Tabla 25. Factores de emisión de COV para artes gráficas.....	71
Tabla 26. Número de establecimiento de repintado automotriz por tamaño.....	72
Tabla 27. Factores de emisión por tipo de recubrimiento para repintado automotriz.....	72
Tabla 28. Factor de emisión para lavado en seco.....	72
Tabla 29. Factores de emisión para recubrimiento de superficies industriales.....	73
Tabla 30. Variables para el cálculo de emisiones por aplicación de asfalto.....	73
Tabla 31. Cantidad de mezcla asfáltica aplicada e infraestructura de carretera.....	74
Tabla 32. Factores de emisión para la distribución de gasolinas en las Etapas 1, 3 y 5.....	77
Tabla 33. Factores de emisión durante la distribución de gasolinas en las Etapas 2 y 4.....	77
Tabla 34. Venta de gasolinas en la ZMVM [m ³ /año].....	77
Tabla 35. Propiedades y factor de emisión por tipo de combustible.....	78
Tabla 36. Volumen mensual de carga de combustibles en aeronaves.....	78
Tabla 37. Factores de emisión por almacenamiento y distribución de gas L.P.....	78
Tabla 38. Gas L.P. Almacenado y distribuido en la ZMVM.....	79
Tabla 39. Factores de emisión por fugas domésticas de gas L.P.....	80
Tabla 40. Factores de emisión por fugas en los sectores industrial y servicios.....	80
Tabla 41. Volumen de gas L.P. considerado para Fugas en accesorios y equipos.....	80
Tabla 42. Factores de emisión de COT [t/establecimiento-año].....	81
Tabla 43. Factores de emisión de COT para esterilización en hospitales.....	81
Tabla 44. Residuos orgánicos tratados por compostaje.....	83
Tabla 45. Factores de emisión por tratamiento biológico.....	83
Tabla 46. Cantidad de residuos sólidos quemados.....	84
Tabla 47. Factores de emisión por quema de residuos.....	84

Tabla 48. Datos de entrada al software de IPCC para RSNB	85
Tabla 49. Volumen de agua tratada y No tratada en la ZMVM	85
Tabla 50. Agua de consumo municipal, TOW doméstico tratado y sin tratar	86
Tabla 51. Agua de consumo industrial, TOW industrial tratado y sin tratar	87
Tabla 52. Factores de emisión para incendios en estructuras	88
Tabla 53. Número de incendios en estructuras por entidad federativa	88
Tabla 54. Material estructural susceptible a ser combustible.....	89
Tabla 55. Factores de Emisión por especie afectada.....	89
Tabla 56. Carga de combustible y factor de emisión por incendios forestales.....	90
Tabla 57. Superficie afectada por entidad	90
Tabla 58. Suelo afectado por tipo de vegetación	91
Tabla 59. Factores de emisión para emisiones domésticas de NH ₃	91
Tabla 60. Factores de emisiones para partículas y CO ₂ en emisiones domésticas.....	92
Tabla 61. Dato de actividad por emisiones domésticas	92
Tabla 62. Valores de carga de material (sL).....	93
Tabla 63. Días con más de 0.254 mm de precipitación por temporada	93
Tabla 64. Factores de emisión promedio para tráfico intenso.....	93
Tabla 65. Factores de emisión promedio para tráfico escaso	93
Tabla 66. Porcentaje de KRV en Vialidades de tráfico intenso y escaso	93
Tabla 67. Valores de las constantes de la ecuación para partículas	94
Tabla 68. Porcentaje promedio de humedad del material superficial del suelo.....	94
Tabla 69. Factores de emisión para la CDMX por alcaldía y temporada	94
Tabla 70. Factores de emisión para el EDOMEX por municipio y temporada	94
Tabla 71. Factores de emisión para Tizayuca, Hgo. por temporada.....	95
Tabla 72. Porcentaje de terracería por alcaldía y municipios de la ZMVM.....	96
Tabla 73. Consumo de carne y carbón en la ZMVM.....	97
Tabla 74. Factores de emisión para asados al carbón	97
Tabla 75. Factores de emisión de ingredientes activos en plaguicidas.....	97
Tabla 76. Información técnica de los plaguicidas	98
Tabla 77. Cantidad de plaguicida aplicado por entidad y cultivo	98
Tabla 78. Contenido de nitrógeno en fertilizante.....	99
Tabla 79. Superficie fertilizada [ha] por cultivo y entidad	99
Tabla 80. Suelo agrícola afectado por tipo de cultivo	100
Tabla 81. Factor de emisión y carga de combustible por tipo de cultivo.....	100
Tabla 82. Factores de emisión para labranza agrícola por tipo de cultivo	101
Tabla 83. Superficie sembrada y cosechada [ha]	102
Tabla 84. Tipo y número de equipos de maquinaria agrícola	104
Tabla 85. Factores de emisión para maquinaria agrícola [g/h]	104
Tabla 86. Actividad diaria y anual por tipo de maquinaria.....	105
Tabla 87. Factores de emisión de partículas en corrales de engorda.....	105
Tabla 88. Población de ganado bovino en corrales de la ZMVM.....	105
Tabla 89. Factores de emisión de amoníaco por tipo de ganado.....	106
Tabla 90. Población ganadera en la ZMVM	106
Tabla 91. Factores de emisión de metano por tipo de ganado.....	107
Tabla 92. Parámetros para obtener el promedio anual de excreción de N por cabeza.....	108
Tabla 93. Factor de emisión de N ₂ O para cada especie.....	108
Tabla 94. Factores de emisión de metano por tipo de ganado.....	109
Tabla 95. Maquinaria de construcción.....	109
Tabla 96. Factores de emisión para maquinaria de construcción.....	111
Tabla 97. Actividad diaria y anual de maquinaria de construcción.....	113

Tabla 98. Superficie construida y volumen de residuos de la construcción generados en CDMX....	114
Tabla 99. Volumen de demolición y cantidad total desechada de residuos en CDMX.....	114
Tabla 100. Factores de emisión para actividades globales de la construcción	114
Tabla 101. Factor de emisión por actividad de demolición [lb/ft ³].....	115
Tabla 102. Factores de emisión para carga y descarga de materiales por temporada.....	115
Tabla 103. Obtención de factor de conversión de energía.....	117
Tabla 104. Consumo energético en la ZMVM durante 2018	117
Tabla 105. Lista por categoría de los perfiles de especiación base COT	118
Tabla 106. Listado de categorías de los perfiles de especiación base PM10.....	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de emisión en estaciones de servicio.	74
---	----

FUENTES DE ÁREA

En este apartado se describen las metodologías empleadas para la estimación de emisiones de contaminantes criterio, tóxicos y gases y compuestos de efecto invernadero (GyCEI), de las categorías de fuentes de área reportadas en el Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2018.

De igual forma, se mencionan los ajustes realizados a los factores de emisión, los softwares utilizados, los parámetros meteorológicos necesarios para la estimación, los datos de calidad de los combustibles que se distribuyen en la ZMVM y las fuentes de información de la actividad.

Para el cálculo de dióxido de carbono equivalente se consideran los potenciales de calentamiento que se reportan en la Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático²⁶: CO₂ =1, CH₄ = 28 y N₂O =265

1. Combustión e Hidrocarburos no quemados (HCNQ)



Dentro de este grupo de categorías se estimaron las emisiones generadas por combustión de gas L.P., gas natural, leña, diésel y carbón vegetal, en los sectores: agrícola, residencial, industrial y comercios y servicios no regulados²⁷, así como las emisiones de hidrocarburos no quemados (HCNQ) en instalaciones de gas L.P.

1.1. Combustión

El cálculo de emisiones por combustión se realizó en función del tipo de combustible aplicando la siguiente ecuación:

$$E_{ik} = FE_{ik} * C_k$$

Donde:

E_{ik} = Emisión del contaminante (i) asociado al combustible (k)

FE_{ik} = Factor de emisión del contaminante (i) asociado al combustible (k)

C_k = Volumen de combustible consumido (k)

Para las industrias no reguladas se calcularon emisiones únicamente para calderas y hornos industriales pequeños, menores a 100 millones de BTU (*British Thermal Units*) por hora, considerando que no cuentan con equipo para control de emisiones. En la Tabla 1 se presentan los factores de emisión por combustible, sector y contaminante.

Tabla 1. Factores de emisión por tipo de combustible y sector

Combustible	Sector	Factores de emisión [t/m ³]								
		PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	NH ₃	CN
GLP	Residencial Estufas ¹	3.90E-07	3.90E-07	4.50E-04	8.27E-04	4.95E-04	8.60E-04	7.90E-04	N/A	2.89E-08
	Residencial calentadores ¹	3.10E-07	3.10E-07	1.51E-04	1.14E-03	1.11E-03	1.10E-04	7.00E-05	N/A	2.29E-08
	Comercial - institucional, Industrial, Agrícola ³	5.99E-05	5.99E-05	1.28E-06	6.39E-04	1.11E-03	8.50E-05	6.82E-05	N/A	4.43E-06
GN	Residencial ⁵	1.22E-07	1.22E-07	9.60E-09	6.40E-07	1.50E-06	1.76E-07	8.80E-08	7.84E-09	8.15E-09
	Comercial -institucional, Industrial ⁵	1.22E-07	1.22E-07	9.60E-09	1.34E-06	1.60E-06	1.76E-07	8.80E-08	7.84E-09	8.15E-09
Leña	Residencial ⁴	3.20E-03	3.08E-03	1.04E-04	5.36E-02	9.07E-04	1.89E-02	1.82E-02	N/A	1.31E-03

²⁶ SEMARNAT-INECC (2012). México. Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Grupo Comunicare, S.C. Primera edición. Ciudad de México, México. Consultado en junio de 2016, de: <https://unfccc.int/resource/docs/natc/mexnc5s.pdf>.

²⁷ En las fuentes de área se reportan las emisiones de industrias y comercios y servicios no regulados, es decir, establecimientos que por su tamaño o actividad no están obligados a presentar Licencia Ambiental Única o Cédula de Operación Integral.

Combustible	Sector	Factores de emisión [t/m ³]								
		PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	NH ₃	CN
Diésel	Industrial ⁶	1.30E-04	9.96E-05	8.52E-04	6.00E-04	2.16E-03	2.99E-04	2.48E-04	9.60E-05	7.37E-06
Carbón	Comercial –institucional ²	1.77E-03	7.30E-04	1.35E-04	4.25E-02	9.17E-03	3.00E-04	3.00E-04	N/A	1.20E-04

¹ IMP-SEDEMA (2016). Diagnóstico de equipos a gas L.P. y actualización de factores de emisión de fugas y combustión de gas L.P. en viviendas. Informe del proyecto FAP CPSF/0126/2016-FA, preparado por el Instituto Mexicano del Petróleo para la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA).

² IPCC (2006). Directrices del IPCC 2006 para los inventarios de gases de efecto invernadero. Capítulo 2, Volumen 2. Combustión Estacionaria. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Consultado en: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf

³ U.S.EPA (2008). Air Emissions Factors and Quantification AP 42 (5th ed.). Volume 1, Chapter 1. External Combustion Sources, 1.5 Liquefied Petroleum Gas Combustion, table 1.5-1. Emission Factors for LPG Combustion. U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Consultado en: <https://www3.epa.gov/ttn/chieff/ap42/ch01/final/c01s05.pdf>.

⁴ Barrera, H. (2017). *Evaluación de emisiones atmosféricas de dos prototipos de estufas rurales ahorradoras de energía (PATSARI, ONIL)*. Cartel de la 1era. Reunión de la Red Temática de Contaminación Atmosférica y Mitigación del Cambio Climático. Ciudad de México: Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México

⁵ U.S.EPA (2008). Air Emissions Factors and Quantification AP 42 (5th ed.). Volume 1, Chapter 1. External Combustion Sources, 1.5 Liquefied Petroleum Gas Combustion, table 1.5-1. Emission Factors for LPG Combustion. U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Consultado en 2017, de <https://www3.epa.gov/ttn/chieff/ap42/ch01/final/c01s04.pdf>.

⁶ U.S.EPA (2008). Air Emissions Factors and Quantification AP 42 (5th ed.). Volume 1, Chapter 1. External Combustion Sources, 1.3 Fuel Oil Combustion. Tablas 1.3-1, 1.3-3, 1.3-6, 1.3-7 y 1.3-8. U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Consultado en noviembre de 2014, de: <http://www.epa.gov/ttn/chieff/ap42/ch01/final/c01s03.pdf>.

El factor de emisión del dióxido de azufre (SO₂) por combustión de gas L.P. varía respecto al contenido de azufre y de hidrocarburos presentes en el combustible, se ajustó considerando que es una mezcla de propano (C₃H₈) y butano (C₄H₁₀), con una proporción aproximada de 58% y 12% respectivamente (IMP-SEDEMA, 2016), y se determinó mediante la siguiente ecuación (Radian International, LLC., 1997):

$$FE_{SO_2} = [X(0.010 S) + Y(0.09 S)] * 0.12$$

Donde:

FE_{SO_2} = Factor de emisión de SO₂ [kg/m³]

X = Fracción de propano contenido en el gas L.P.

Y = Fracción de butano contenido en el gas L.P.

S = Contenido de azufre en el gas L.P. [0.3186 gr/100 ft³]

0.12 = Factor de conversión de [lb/1,000 gal] a [kg/m³]

Para estimar las emisiones de gases de efectos invernadero (GEI), se emplearon factores de emisión por tipo de combustible específicos para cada sector (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Factores de emisión por tipo de combustible y sector de GEI

Combustible	Sector	Factores de emisión [t/m ³]		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
GLP	Residencial Estufas ³	1.47	5.92E-05	2.61E-06
	Residencial calentadores ³	1.55	3.14E-05	2.61E-06
	Comercial –institucional, agrícola ¹	1.65	1.31E-04	2.61E-06
	Industrial ¹		2.61E-05	
GN	Residencial, Comercial/institucional ¹	2.09E-03	1.86E-07	3.73E-09
	Industrial ¹	2.09E-03	3.73E-08	3.73E-09
Leña	Residencial	1.36	3.30E-03	1.00E-04
Diésel	Industrial ²	2.82	1.00E-04	2.29E-05
Carbón	Comercial –institucional [t/t] ⁴	3.33	5.90E-03	2.97E-05

¹ IPCC (2006). Directrices del IPCC 2006 para los inventarios de gases de efecto invernadero. Volumen 2, Capítulo 2. Energía combustión estacionaria, cuadros 2.3, 2.4 y 2.5. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Consultado en: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf.

² U.S.EPA. AP-42. Combustión de diésel y gasolina. Chapter 1, sección 3.4 Large Stationary Diesel and All Stationary Dual-fuel Engines. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Consultado en 2017, de <https://www3.epa.gov/ttn/chieff/ap42/ch01/final/c01s04.pdf>.

³ IMP-SEDEMA (2016). Diagnóstico de equipos a gas L.P. y actualización de factores de emisión de fugas y combustión de gas L.P. en viviendas. Informe del proyecto FAP CPSF/0126/2016-FA, preparado por el Instituto Mexicano del Petróleo para la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA);

⁴ Gutiérrez (2017). Factores de emisión de CO₂ y Carbono negro derivados de la combustión de maderas provenientes del bosque del Ajusco. Proyecto de integración de Ingeniería Ambiental. Universidad Autónoma Metropolitana.

Las siguientes tablas presentan la cantidad de combustible utilizado para combustión por sector.

Tabla 3. Consumo de gas L.P. por sector en la ZMVM

Entidad	Consumo de GLP por sector [m³/año]					Total
	Residencial	Comercios-Servicios	Industrial	Transporte	Agrícola	
CDMX	750,732	161,950	47,132	208,640	16,049	1,184,503
EDOMEX	1,163,177	323,860	58,766	322,471	24,805	1,893,078
Tizayuca	10,950	3,080	2,251	3,055	235	19,571
ZMVM	1,924,859	488,890	108,148	534,166	41,088	3,097,151

Tabla 4. Consumo de gas natural por sector en la ZMVM

Entidad	Consumo de GN por sector [m³/año]			
	Residencial	Comercios-Servicios	Industrial	Total
CDMX	153,306,825	N/A	705,919,908	859,226,733
EDOMEX	96,130,707	27,858,544	297,312,561	421,301,812
Tizayuca	2,712,376	901,180	31	3,613,587
ZMVM	252,149,908	28,759,724	1,003,232,500	1,284,142,132

Tabla 5. Consumo de leña, diésel y carbón por sector en la ZMVM

Entidad	Consumo por sector		
	Leña Residencial ¹ [t/año]	Diésel Industrial ³ [m³/año]	Carbón comercial ² [t/año]
CDMX	5,285	35,521	1,608
EDOMEX	28,106	N/A	2,227
Tizayuca	2,824	741	23
ZMVM	36,216	36,262	3,858

Fuentes: 1) Determinación propia a partir del estudio Estimación de los consumos nacionales de leña y carbón vegetal para el periodo 2009-2024 (Masera, O. et al., 2010)²⁸. 2) SISCOVIP (2017). Estimación de consumo de carbón de comercios en la vía pública, Sistema de Comercio en la Vía Pública (SISCOVIP). 3) Balance de combustibles reportados por Fuentes Puntuales (LAU-CDMX 2018).

1.2. HCNQ en la combustión de gas L.P.

Los hidrocarburos no quemados (HCNQ) son aquellos gases que no logran quemarse durante el proceso de combustión durante el proceso de encendido y apagado de los equipos de los siguientes sectores: residencial, comercios y servicios, industrial y agrícola. Los factores de emisión utilizados se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Factores de emisión por HCNQ durante la combustión

Sector	FE COV	FE COT	Unidades
Residencial, Estufas ²	3.04E-04	3.07E-04	[t/equipo]
Residencial, Calentadores ²	2.33E-04	2.35E-04	
Industria, agrícola, comercial ¹		0.015	[t/t GLP]

Fuente: 1) PEMEX (1997). "Efectos de los componentes del Gas Licuado de Petróleo en la acumulación de Ozono en la Atmósfera de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México" en la Memoria técnica del estudio, PEMEX, Gas y Petroquímica Básica, Subgerencia de Regulaciones y Medio Ambiente, pp. 9-77; 2) IMP-SEDEMA (2016). Diagnóstico de equipos a gas L.P. y actualización de factores de emisión de fugas y combustión de gas L.P. en viviendas. Informe del proyecto FAP CPSF/0126/2016-FA, preparado por el Instituto Mexicano del Petróleo para la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA).

El dato de actividad para el sector residencial es el número de equipos (ver Tabla 7): estufas, calentadores, tanques portátiles y estacionarios mientras que, para los sectores de servicios, industria y agrícola se considera el combustible consumido (ver Tabla 8).

Tabla 7. Número de viviendas por tipo de equipamiento en la ZMVM

Equipo	Viviendas		
	CDMX	59 municipios EDOMEX	Tizayuca
Estufas -cilindros	1,364,068	2,405,226	24,405
Estufas -Estacionario	688,581	659,315	6,690
Calentadores-cilindro	948,742	1,362,370	13,824

²⁸ estudio Masera, O. et al. (2010). Estimación de los consumos nacionales de leña y carbón vegetal para el periodo 2009-2024 (Incluyendo la metodología de cálculo). Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México.

Equipo	Viviendas		
	CDMX	59 municipios EDOMEX	Tizayuca
Calentadores-estacionario	680,899	640,018	6,494
Tanque portátil	1,381,809	2,463,596	24,998
Tanque estacionario	697,538	675,315	6,852
Estufas-pilotos	277,160	535,967	5,438
Calentadores-Pilotos	1,412,181	1,719,634	17,449

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del estudio Diagnóstico de equipos a gas L.P. y actualización de factores de emisión de fugas y combustión de gas L.P. en viviendas (IMP-SEDEMA, 2016).

Tabla 8. Volumen de gas L.P. en la ZMVM

Entidad	Combustible disponible [m³]					Total
	Residencial	Comercios-Servicios	Industrial	Transporte	Agropecuario	
CDMX	818,984	282,139	156,118	208,640	16,293	1,482,174
EDOMEX	1,265,810	330,249	241,293	322,471	25,182	2,185,006
Tizayuca	11,992	3,129	2,286	3,055	239	20,700
ZMVM	2,096,786	615,516	399,696	534,166	41,714	3,687,879

Fuente: Elaboración propia con la siguiente información: Balance Nacional de Energía, 2018; Fuentes fijas: consumos reportados en Licencia Ambiental Única del Distrito Federal 2018 y proyección de consumo de combustible de comercios y servicios no regulados obtenidos del Laboratorio de Microdatos de INEGI 2016, proyectados a 2018.

2. Fuentes móviles que no circulan por carreteras.

En esta categoría se estimaron las emisiones de fuentes móviles que se desplazan por vía férrea (locomotoras), por vía aérea (aviones), así como los autobuses de pasajeros que se encuentran en las terminales.

2.1. Operación de locomotoras

Se realizó la estimación de emisiones por el proceso de combustión interna en locomotoras foráneas y de patio, con la siguiente ecuación:

$$E = FE * A_i$$

Donde:

E = Emisión del contaminante [t/año]

FE = Factor de emisión del contaminante, [t contaminante/m³ de combustible] o [t contaminante / TJ consumido]

A_i = Dato de actividad, consumo por tipo de combustible, [m³] o [TJ] [m³/año]



En la Tabla 9 se presentan los factores de emisiones de contaminantes criterio y de GEI.

Tabla 9. Factores de emisión para locomotoras

FE criterio¹ [t/m³]								FE GEI² [kg/TJ]		
PM10	PM2.5³	SO²	CO	NOx	COT	COV	CN	CO₂	CH₄	N₂O
0.0012	0.0012	0.0006	0.0070	0.0336	0.0019	0.0019	0.0005	74,100.00	4.15	28.60

¹ CCA (2001). Efectos ambientales y estrategias de mitigación en los corredores de comercio y transporte de América del Norte, Informe Final, Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA). Consultado en 2016, de <http://www3.cec.org/islandora/es/item/1644-north-american-trade-and-transportation-corridors-es.pdf>.

² IPCC (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Vol. 2, Cap. 3. Combustión Móvil, sección 3.4. Ferrocarriles. Pág. 3.43. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Consultado en: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf.

³ ARB (2013). California Emission Inventory Development and Reporting System (CEIDARS). Speciation profiles used in ARB modeling – Particulate Matter and Organic Gas Speciation Profiles [base de datos]. California Air Resources Board (ARB). Consultado en 2020, de: <https://ww2.arb.ca.gov/speciation-profiles-used-carb-modeling>.

El factor de emisión para el dióxido de azufre reportado en la Tabla 9, se calculó con el contenido de azufre y la densidad del diésel que se distribuye actualmente en la Ciudad de México.

$$FE_{SO_2} = \frac{\left(\rho * \%S * 2 \frac{kgSO_2}{kgS}\right)}{1000} = 5.87^{-04} t SO_2/m^3$$

Donde:

FE_{SO_2} = Densidad (kg/l) * %peso de azufre * 2 Kg SO₂/kg S

ρ = densidad del diésel (0.83790 kg/l)

%S = Porcentaje del contenido de azufre en el diésel (0.000350%)

1000 = factor de conversión de kilos a toneladas

Fuente: PEMEX (2019). Contenido de azufre y densidad de diésel: Reporte de calidad de combustibles de PEMEX transformación industrial 2018.

En la Tabla 10 se presenta el consumo de diésel por tipo de locomotora (foráneas o de patio).

Tabla 10. Combustible consumido por locomotoras

Entidad	Tipo de locomotora					
	Patio		Foráneas		Total	
	[m ³ /año]	[TJ/año]	[m ³ /año]	[TJ/año]	[m ³ /año]	[TJ/año]
CDMX	870	33	3,167	121	4,037	154
EDOMEX	3,460	132	12,597	481	16,057	613
ZMVM	4,330	165	15,764	602	20,093	767

Fuente: 1) FERROVALLE (2019). Consumo de combustible por tipo de locomotora 2016, flota de locomotoras, base de datos de kilómetro de vía y mapa de vías. Información proporcionada mediante oficio GVSAL-130/2019; 2) SIE-SENER (2019). Consumo final de energía en el sector ferroviario 2018 (TJ). Sistema de información energética – Secretaría de Energía (SIE-SENER). Consultado el 13 de mayo de 2020 en <http://sie.energia.gob.mx/>.

2.2. Operación de aeronaves



Para la estimación de emisiones debidas a la operación de aeronaves se realizaron dos procedimientos diferentes, el primero para estimar las emisiones debidas a la actividad de aeronaves de gobierno y el segundo por las operaciones comerciales.

2.2.1. Operaciones Comerciales

La estimación de emisiones por operaciones comerciales se realizó empleando el Sistema de Modelado de Emisiones y Dispersión (EDMS, por sus siglas en inglés), modelo desarrollado por el Programa de Investigación y Desarrollo (R & D) de la Oficina de Medio Ambiente y Energía de la Administración Federal de Aviación (FFA, por sus siglas en inglés) de Washington, D. C. Para estimar las emisiones, el EDMS considera el tipo de aeronave, variables meteorológicas locales, capa de mezclado, y el número de operaciones comerciales (ver Tabla 11).

Tabla 11. Reporte de operaciones del Aeropuerto Internacional Benito Juárez

Mes	Nacional	Internacional	Total
Enero	26,071	12,215	38,286
Febrero	23,617	10,505	34,122
Mar	26,838	12,007	38,845
Abril	26,471	11,466	37,937
Mayo	27,627	11,699	39,326
Junio	25,774	11,624	37,398
Julio	26,976	12,394	39,370
Agosto	27,446	12,342	39,788
Septiembre	25,597	11,276	36,873
Octubre	27,691	11,743	39,434
Noviembre	27,000	11,373	38,373
Diciembre	26,725	12,226	38,951
Total	317,833	140,870	458,703

Fuente: AICM (2019). Estadísticas del AICM. Aeropuerto Internacional Benito Juárez Ciudad de México (AICM). Consultado en mayo de 2019 de: <https://www.aicm.com.mx/estadisticas-del-aicm/17-09-2013>.

2.2.2. Operación del Gobierno

A partir de las emisiones obtenidas para las operaciones comerciales, se determinaron factores de emisión por operación para los contaminantes criterio, respecto de las emisiones de GEI se utilizó la metodología del IPCC 2006, en sus “Directrices para los Inventarios Nacionales de GEI” Vol. 2, Energía

aplicables al consumo energético por la operación que se realiza, mismo que se determina considerando que el 10% del combustible se quema dentro de la capa de mezclado.

En la Tabla 12 se presentan el consumo de combustible quemado por las operaciones de aterrizaje y despegue realizadas por el gobierno, así como los factores de emisión (Tabla 13).

Tabla 12. Consumo de combustibles por operaciones del gobierno

Sector	Combustible	Consumo m ³ /año	Consumo TJ/año
Gobierno	Turbosina	1,228.27	46.90
	Gas avión	360.00	13.75

Fuente: Determinación propia con información recibida por la Coordinación de Unidades de Negocio, Dirección de Combustibles de Aeropuertos y Servicios Auxiliares, (ASA, s/f).

Tabla 13. Factores de emisión para el sector Gobierno [t/LTO]

PM10 ¹	PM2.5 ¹	SO ₂ ¹	CO ¹	NOX ¹	COT ¹	COV ¹	NH ₃	CN ³	CO ₂ ²	CH ₄ ²	N ₂ O ²
3.27E-05	3.27E-05	3.56E-04	4.65E-03	3.62E-03	1.07E-03	1.06E-03	N/E	1.56E-02	7.15E+01	5.00E-03	2.00E-03

Fuentes: 1) Factores de emisión determinados a partir del modelo Sistema de Modelado de Emisiones y Dispersión (EDMS); 2) IPCC (2006). Directrices del IPCC 2006, para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 2, Energía; Capítulo 3. Combustión Móvil. Consultado en enero de 2020 en: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf. 3) CEIDARS (2007). California Emission Inventory and Reporting System, profile 1412 Aircraft-Jet fuel.

2.3. Terminales de autobuses



Las emisiones de contaminantes cuantificados se atribuyen a la combustión interna de los motores a diésel de los autobuses (con motor encendido) en las Terminales de Autobuses. Las emisiones se estimaron con el Modelo MOVES-CDMX, considerando el número de corridas anuales de cada una de las terminales existentes en la CDMX (Centrales Norte, Oriente, Poniente y Sur), y en Tizayuca, Hidalgo.

Se realizó una proyección del número de corridas considerando los datos estadísticos de 2001-2017 (SCT, 2019), porque en la Estadísticas Básicas del Autotransporte Federal 2018 solo se reportó el total de pasajeros. Para obtener el número de corridas realizadas por cada autobús, según su edad vehicular y para cada terminal se utilizó la flota de autobuses por año modelo reportada en el inventario de fuentes móviles.

Tabla 14. Número de corridas por terminal

Central	No. de corridas anuales	Alcaldía/Municipio
Norte	808,171	Gustavo A. Madero
Oriente	465,333	Venustiano Carranza
Poniente	587,245	Álvaro Obregón
Sur	300,868	Coyoacán
Tizayuca	106,055	Tizayuca
Total	2,267,672	

Para las corridas en el modelo MOVES-CDMX y obtener las emisiones de cada terminal de autobuses se alimentaron al modelo los archivos presentados en la Tabla 15.

Tabla 15. Archivos de entrada en el modelo MOVES-CDMX

Tabla	Contenido
AVFT	Distribución de los vehículos según su combustible utilizado y tecnología
SourceTypeAgeDistribution	Distribución de las edades de los vehículos según su año modelo
FuelFormulation	Características físicas y químicas de los combustibles
FuelSupply	Información sobre consumo anual de los combustibles
FuelUsageFraction	Fracción de consumo de combustible comercializada en la región

Tabla	Contenido
Link	Ciudad, municipio, longitud, volumen de tráfico por hora, tipo de camino, velocidad grado de la pendiente
LinkSourceTypeHour	Indica el tipo de vehículos estimados, así como la fracción por hora
offNetworkLink	Vehículos y la fracción de tiempo en modos starting and extended idling
opModeDistribution	Define los modos de operación de los vehículos
ZoneMonthHour	Promedios horarios mensuales de temperatura y humedad relativa

3. Uso de solventes y productos que los contienen

La estimación de emisiones de compuestos orgánicos totales (COT) y de compuestos orgánicos volátiles (COV) por el uso de solventes y productos que los contienen es diferente para cada categoría evaluada; sin embargo, se pueden agrupar dependiendo de la información disponible:

- Estimación por empleado
- Estimación por consumo
- Estimación *per cápita*
- Estimación por número de establecimientos
- Estimación por longitud de vialidades



Para la estimación de todas las categorías se empleó la siguiente ecuación general:

$$E_{ij} = DA * FE_{ij}$$

Donde:

E_{ij} = Emisión contaminante (i) referido a la actividad j [t/año]

DA = Dato de actividad dependiendo del grupo o categoría evaluada: Número de empleados; consumo; *per cápita*; número de establecimientos, longitud de vías,

FE_{ij} = Factor de emisión del contaminante (i) referido a la actividad (j) [t/año]

3.1. Estimación de emisiones por empleado

Esta sección incluye el cálculo de emisiones de las siguientes categorías:

- **Limpieza de superficies industriales** cuyas emisiones derivan del uso y/o aplicación de solventes orgánicos (destilados de petróleo, hidrocarburos clorados, cetonas, alcoholes, entre otros) que se seleccionan dependiendo del coeficiente de solubilidad, sustancia a remover, toxicidad, inflamabilidad y velocidad de evaporación, entre los principales. Se aplican para remover grasas, aceites, ceras, depósitos de carbón, óxidos y alquitranes.
- **Lavado en seco**, la actividad generadora de emisión es la limpieza de ropa mediante solventes orgánicos, ya sea percloroetileno o gas nafta, en este caso el solvente utilizado es el **gas nafta**.

3.1.1. Limpieza de superficies industriales

Para esta categoría, se utilizó la relación de emisiones COT/COV descrita en los “*Manuales del programa de Inventarios de Emisiones en México*” (Radian International, LLC., 1997); el número de empleados de la industria manufacturera se tomó del Censo Económico 2019 (INEGI, 2020) y se ajustó con el número de empleados totales reportados por las fuentes puntuales, para evitar la duplicación de emisiones, en las Licencias Ambientales Únicas del Distrito Federal (LAUDF) y en las Cédulas de Operación Integral. Los factores de emisión se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. Factores de emisión para limpieza de superficies industriales

Categoría	FE COT [kg/Empleado-año]	FE COV [kg/Empleado año]
Limpieza con solventes	65	39

Fuente: Radian Internacional, LLC (1997). Manuales del programa de inventarios de emisiones de México (vol. II-VI) elaborado para la Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado. USA. Sección 6.5 Limpieza de superficies en la industria. Consultado en 2019 de <https://www3.epa.gov/ttn/catc/dir1/areainv5.pdf>

3.1.2. Lavado en seco – gas nafta

Para estimar las emisiones por el consumo de gas nafta se utilizaron los factores de emisión por empleado que se reportan en los “Manuales del programa de Inventarios de Emisiones en México” (Radian International, LLC., 1997), en donde también se especifica que sólo los procesos de lavado en seco que usan derivados de petróleo tendrán emisiones COV y que estas constituyen el 100% de los COT.

Tabla 17. Factores de emisión por Lavado en seco - gas nafta

Unidades	FE COT	FE COV
[t/empleado-año]	0.816	0.816

Fuente: Radian Internacional, LLC (1997). Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México, Volumen V. Consultado en 2019, de: https://www3.epa.gov/ttn/catc1/cica/other3_s.html

El número de **establecimientos que utilizan gas nafta** se determinó con el porcentaje que proporciona el Informe de la Cámara Nacional de la Industria de la Lavandería que es de 3.7% (CANALAVA,2007) y los datos del DENU; además, se considera que en promedio los pequeños establecimientos cuentan con 2.5 empleados.

Tabla 18. Número de establecimientos y empleados

Entidad	Establecimientos gas nafta	Empleados en establecimientos que usan gas nafta
CDMX	231	581
EDOMEX	169	429
Tizayuca	1	3
ZMVM	401	1,013

Fuente: INEGI (2019). Número de establecimientos de lavanderías y tintorerías por delegación y municipio, DENU 10a. actualización. Consulta septiembre de 2020.

3.2. Estimación de emisiones por consumo

Las categorías que se estimaron a partir de su consumo son: recubrimiento de superficies arquitectónicas, pinturas en aerosol y pintura de tránsito. La descripción de las actividades generadoras de emisiones se lista a continuación:

- **Recubrimiento de superficies arquitectónicas:** las emisiones correspondientes a esta categoría se atribuyen a la aplicación de pintura, barniz y/o laca en superficies arquitectónicas;
- **Aplicación de pintura de tránsito y pinturas en aerosol:** son actividades que se realizan al aire libre y sin control de emisiones, por lo que se puede asumir que todo el solvente contenido en el recubrimiento se evapora durante su uso.

La actividad para el cálculo de emisiones debido al recubrimiento de superficies arquitectónicas se obtuvo del Informe Anual del Mercado Mexicano de Pinturas (ANAFAPyT,2018), en el que se detalla el total de consumo nacional por tipo de pintura.

3.2.1. Recubrimientos de superficies arquitectónicas

Para esta categoría se obtuvo un factor de emisión por vivienda, a partir de las emisiones de COV nacionales por tipo de pintura y solventes, considerando los contenidos de COV especificados en fichas técnica para cada tipo de recubrimiento (SEDEMA, 2018) y el consumo anual reportado por ANAFAPyT 2018. El factor de emisión de COT se calculó como se detalla en los Manuales del programa de Inventarios de Emisiones de México (Radian Internacional LLC, 1997). En la Tabla 19 se presentan los factores de COV y COT por tipo de recubrimiento.

Tabla 19. Factores de emisión por uso de recubrimientos arquitectónicos

Tipo de recubrimiento	Recubrimientos arquitectónicos	FE COV [t/vivienda]	FE COT [t/vivienda]
Pinturas emulsionadas	Vinílicas	2.82E-05	2.98E-05
	Vinil-acrílicas	1.00E-03	1.06E-03
	Otros (ejem. Adhesivos, selladores, etc.)	1.19E-04	1.23E-04
Esmaltes	Base agua	1.47E-05	1.55E-05
	Base solvente	9.97E-04	1.03E-03
	Otros	6.94E-06	7.17E-06
Acabados	Texturizados	2.33E-04	2.41E-04
	Base agua	1.31E-04	1.39E-04
Impermeabilizantes elastómeros	Base solvente	1.43E-05	1.47E-05

Fuente: Elaboración propia con datos del Informe Anual del Mercado Mexicano de Pinturas (ANAFAPyT,2018) y número de viviendas de ENIGH 2018.

3.2.2. Pintura de tránsito

Para esta categoría se utilizó la información de consumo nacional de pintura para señalización de ANAFAPyT del año 2018, este consumo se escaló a nivel local considerando el producto Interno Bruto (PIB) de la industria química para la ZMVM. Para el factor de emisión para COV (Tabla 20) se consideró el contenido de estos en pinturas de uso local que reportó la Secretaría de Obras y Servicios (SOBSE) y la revisión de fichas técnicas del producto. Para el factor de emisión de COT, se utilizó la relación presentada por Radian International, LLC., (1997), en donde: COV=98.8% COT.

Tabla 20. Factores de emisión para pintura de tránsito

Entidad	Tipo de pintura	FE COV [t/l]	FE COT [t/l]
CDMX	Base solvente	0.0003	0.000304
	Base agua	0.0001	0.000101
EDOMEX y Tizayuca	Base solvente	0.0004	0.000405
	Base agua	0.0001	0.000101

3.2.3. Pinturas en aerosol

El consumo local se estimó considerando las ventas nacionales reportadas por ANAFAPyT 2018, el número de empleados y la cantidad de población nacional, las emisiones que se estiman son por uso de aerosoles de uso industrial y doméstico.

A partir de diferentes fichas técnicas, consultadas por la SEDEMA, se obtuvo un contenido de COV promedio para las pinturas en aerosol, para determinar los COT se utilizaron dos relaciones: una para aerosoles industriales y otra para aerosoles domésticos, ambas obtenidas de los Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México (Radian Internacional LLC, 1997), ver Tabla 21.

Tabla 21. Factores de emisión para pinturas en aerosol

Tipo de aerosol	FE COV [t/l]	FE COT [t/l]
Aerosol industrial	0.0007	0.000709
Aerosol doméstico		0.001014

3.3. Estimación de emisiones *per cápita*.

Incluye las categorías de adhesivos y selladores, plaguicidas domésticos, productos de consumo doméstico, productos de cuidado personal, productos misceláneos y productos de cuidado automotriz. La principal actividad emisora es el uso y aplicación, en el sector residencial, de productos domésticos como agentes para el secado y limpiadores, naftas, alcoholes y aromáticos que son productos que contienen hidrocarburos. Los factores de emisión se muestran en la Tabla 22 y en la Tabla 23, la población al año 2018.

Tabla 22. Factores de emisión *per cápita*

Categoría	Factor de emisión [kg/hab-año]	
	COT	COV
Adhesivos y selladores	0.405	0.279
Plaguicidas domésticos	1.261	0.870
Productos de consumo doméstico	1.271	0.877
Productos de cuidado personal	1.342	0.926
Productos misceláneos	0.047	0.032
Productos para el cuidado automotriz	0.950	0.655

Fuentes: 1) Radian International, LLC. (1997). Manuales del programa de Inventarios de Emisiones en México (Vol. II-VI), elaborado para la Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado. USA. Consultado en 2017, de https://www3.epa.gov/ttn/catc1/cica/other3_s.html; 2) U.S. EPA (1999). Document for the Draft 1999 National Emissions Inventory. Version 3.0 For Criteria Air Pollutants and Ammonia. Area Sources. E. H. Pechan & Associates, Inc. March 3, 2003. Environmental Protection Agency (EPA-U.S.). Consultado en octubre 2017, de <http://epa.ohio.gov/portals/27/aqmp/eiu/hosps.pdf>

Tabla 23. Población de la Zona Metropolitana del Valle de México

Alcaldía/Municipio	Población	Alcaldía/Municipio	Población	Alcaldía/Municipio	Población
Álvaro Obregón	755,299	Chicoloapan	217,909	Ozumba	30,446
Azcapotzalco	411,503	Chiconcuac	26,712	Papalotla	4,311
Benito Juárez	426,729	Chimalhuacán	705,316	San Martín de las Pirámides	28,366
Coyoacán	625,634	Coacalco de Berriozábal	307,649	Tecámac	476,338
Cuajimalpa de Morelos	198,647	Cocotitlán	14,959	Temamatla	13,331
Cuauhtémoc	546,713	Coyotepec	43,631	Temascalapa	40,757
Gustavo A. Madero	1,184,801	Cuautitlán	168,534	Tenango del Aire	12,910
Iztacalco	395,153	Cuautitlán Izcalli	568,308	Teoloyucan	69,698
Iztapalapa	1,830,835	Ecatepec de Morelos	1,692,644	Teotihuacán	59,655
La Magdalena Contreras	245,445	Ecatzingo	9,917	Tepetlaotoc	32,262
Miguel Hidalgo	377,737	Huehuetoca	139,243	Tepetlixpa	20,711
Milpa Alta	138,441	Hueyoxtla	45,613	Tepetzotlán	101,058
Tláhuac	367,814	Huixquilucan	282,714	Tequixquiác	38,711
Tlalpan	680,617	Isidro Fabela	12,154	Texcoco	256,997
Venustiano Carranza	435,556	Ixtapaluca	536,257	Tezoyuca	44,458
Xochimilco	420,471	Jaltenco	29,100	Tlalmanalco	50,545
Acolman	177,223	Jilotzingo	20,216	Tlalnepantla de Baz	744,747
Amecameca	53,747	Juchitepec	26,586	Tonanitla	10,801
Apaxco	30,917	La Paz	301,926	Tultepec	156,173
Atenco	67,414	Melchor Ocampo	59,027	Tultitlán	548,776
Atizapán de Zaragoza	549,657	Naucalpan de Juárez	898,554	Valle de Chalco Solidaridad	410,353
Atlautla	31,898	Nextlalpan	41,738	Villa del Carbón	49,498
Axapusco	29,175	Nezahualcóyotl	1,130,172	Zumpango	208,157
Ayapango	10,639	Nicolás Romero	427,430	Tizayuca	130,160
Chalco	379,002	Nopaltepec	9,586		
Chiautla	30,770	Otumba	37,367		

Fuente: CONAPO (2018). Indicadores demográficos 1950 - 2050. Para la República Mexicana el periodo es de 1950-2050, para las entidades federativas el periodo es de 1970-2050. Consejo Nacional de Población (CONAPO). Consultado en abril 10 de 2019, en: <https://datos.gob.mx/herramientas/indicadores-demograficos-de-mexico-de-1950-a-2050-y-de-las-entidades-federativas-de-1970-a-2050>.

3.4. Estimación de emisiones por establecimiento

Las categorías que se estimaron, considerando el número de establecimientos existentes como dato de actividad, son las siguientes:

- **Artes gráficas:** las actividades consisten en la impresión de periódicos, revistas, libros, entre otros materiales. La composición de las tintas es variable, pero todas están constituidas por tres componentes básicos: pigmentos, aglutinantes y solventes.
- **Repintado automotriz:** las emisiones se atribuyen a la limpieza, el resanado, pintado y pulido de las partes automotrices y dependen del contenido de solvente en el producto utilizado.
- **Lavado en seco:** es la limpieza de ropa mediante solventes orgánicos no acuosos, se estiman las emisiones por el uso de percloroetileno.
- **Recubrimiento de superficies industriales:** las emisiones se atribuyen a la aplicación de pintura, barniz y/o laca en los interiores y exteriores de industrias.

3.4.1. Artes gráficas

Se estimaron las emisiones para establecimientos de hasta 5 empleados y de entre 6 y 10 empleados. El número de establecimientos se obtuvo del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 10a., sector 323 (INEGI, 2019): Impresión e industria conexas, mismos que se presentan en la Tabla 24.

Tabla 24. Número de establecimientos por alcaldía y municipio

Alcaldía/Municipio	Número de establecimientos 2018	Número de establecimientos por tamaño	
		0-5 empleados	6 - 10 empleados
CDMX	2,720	2,379	341
EDOMEX	1,436	1,358	78
Tizayuca	17	15	2
ZMM	4,173	3,752	421

Fuente: INEGI, (2019). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), del sector 323: Impresión e industria conexas. Consultado en febrero de 2020, en: <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/?ti=6>

Se obtuvieron factores de emisión por tamaño de establecimiento a partir de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera 2018, consultado en INEGI-EMIM 2018 (2019), Volumen y valor de ventas por clase de actividad y producto, así como del contenido de COV presente en cada uno de los tipos de tinta reportados en las fichas técnicas anexas a la Licencia Ambiental Única de la CDMX.

Tabla 25. Factores de emisión de COV para artes gráficas

Tipo de tinta	FE por tamaño de establecimiento [t/año]	
	0-5 empleados	6-10 empleados
Flexografía	0.41	0.92
Offset	0.40	0.90
Rotograbado	0.50	1.14
Serigrafía	0.04	0.10

Fuente: Determinación de factores de emisión propia, a partir de Volumen y valor de ventas por clase de actividad y producto de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera (EMIM, 2018) y Contenidos promedio de COV de tintas Sánchez proporcionados vía correo electrónico por SEMARNAT con fecha 15 de septiembre de 2020.

3.4.2. Repintado automotriz

El dato de actividad fue calculado a partir del número de establecimientos de hojalatería y pintura de automóviles y camiones y los correspondientes a la instalación de cristales y otras reparaciones a la carrocería de automóviles y camiones, datos que se obtuvieron del DENUE 10a. actualización (INEGI, 2019); realizándose para establecimientos de hasta 5 empleados y de 6 a 10 empleados (ver Tabla 26).

Tabla 26. Número de establecimiento de repintado automotriz por tamaño

Entidad	Número de establecimientos 0-5 Empleados	Número de establecimientos 6-10 Empleados
CDMX	2,197	121
EDOMEX	3,065	79
Tizayuca	49	1
ZMVM	5,311	201

Fuente: INEGI (2019). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). Consulta en septiembre de 2020, de: <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/?ti=6>

Para la determinación de los factores de emisión en el repintado automotriz, se utilizó el consumo nacional de tintas y recubrimientos de ANAFAPyT al año 2018 y el contenido de COV en cada uno de los productos, obtenido de fichas técnicas de la SEMARNAT, y el total de empleados en este sector. En la Tabla 27 se reportan los factores de emisión por tipo de producto en el repintado automotriz.

Tabla 27. Factores de emisión por tipo de recubrimiento para repintado automotriz

Producto	Factor de Emisión COV [t/año] establecimiento de 0-5 empleados	Factor de Emisión COV [t/año] Establecimiento de 6-10 empleados
Primarios	0.231	0.519
Acabados de color		
Lacas	0.015	0.034
Esmaltes alquidáticos	0.054	0.121
Esmaltes acrílicos	0.151	0.339
Base color		
Base solvente	0.087	0.195
Base agua	0.005	0.01
Trasparentes o claras	0.165	0.372

Fuente: SEMARNAT (2020). Contenido de COV basado en diversas fichas técnicas. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Información proporcionada mediante correo electrónico, el 15 de septiembre de 2020.

Se utilizó la relación $COV=98.8\%$ COT presentada en los manuales del programa de inventarios de emisiones de México de Radian Internacional, LLC (1997) para la determinación de las emisiones de COT.

3.4.3. Lavado en seco - Percloroetileno

El factor de emisión por establecimiento para la categoría de lavado en seco utilizando percloroetileno, se obtiene considerando los siguientes datos:

- El número de establecimientos del sector de lavanderías y tintorerías por alcaldía y municipio reportadas en INEGI (2019), DENUE 10a. actualización.
- El porcentaje de establecimientos que usan percloroetileno que es del 23% (El empresario.mx, 2019).
- El consumo nacional de percloroetileno utilizado para esta actividad es del 8%, reportado por INEGI en la Balanza Nacional de Mercancías (INEGI, 2019).

El factor de emisión de COT fue calculado a partir de la siguiente información:

- El consumo nacional de percloroetileno, reportado por INEGI en la Balanza Nacional de Mercancías (INEGI, 2019).
- La importación nacional anual de percloroetileno (SEMARNAT, 2019), el dato proporcionado por CANALAVA del porcentaje del consumo de percloroetileno para lavado en seco.

Tabla 28. Factor de emisión para lavado en seco

Factor es de Emisión por tamaño de establecimiento [t/año]	
0 a 5 empleados	0 a 10 empleados
0.100	0.226

3.4.4. Recubrimiento de superficies industriales

Los factores de emisión por empleado de la categoría de recubrimientos de superficies industriales se calcularon a partir del consumo nacional, de los diferentes productos utilizados para este fin, reportado por la Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas, 2018 (ANAFAPyT, 2019), el contenido de COV presentes en los diferentes tipos de pintura, a través de la integración de fichas técnicas de primarios y acabados SEDEMA (2020) y el número de Unidades económicas de la industria manufacturadora reportado en el DENUE 10a. actualización.

Tabla 29. Factores de emisión para recubrimiento de superficies industriales

Tipo de recubrimiento	FE COT [t/establecimiento- año]	FE COV [t/establecimiento- año]
Primario base agua	0.00002	0.00002
Primario base solvente	0.00911	0.00900
Acabados base agua	0.01316	0.01300
Acabados base solvente	0.00304	0.00300
Recubrimientos 100 sólidos	0.00101	0.00100

Con base en lo descrito en los “Manuales del programa de Inventarios de Emisiones en México” (Radian International, LLC., 1997), el factor de emisión para COT en la categoría de recubrimiento de superficies industriales se obtiene al dividir el factor de emisión de COV entre 0.988.

3.5. Estimación por longitud de vialidades pavimentadas

3.5.1. Aplicación de Asfalto

Para el cálculo de las emisiones generadas por la aplicación de asfalto en la Ciudad de México se utilizan la siguiente ecuación:

$$E = \text{Masa de asfaltado aplicado} * \% \text{ peso de asfalto en mezcla} * \text{Densidad diluyente} * \% \text{ de evaporación del diluyente}$$

Donde:

E = Emisión de COT [t/año]

$\% \text{ peso de asfalto en mezcla}$ = porcentaje del peso de asfalto para mezcla templada o fría

$\text{Densidad del diluyente}$ = densidad para mezcla templada o fría

$\% \text{ de evaporación del diluyente}$ = porcentaje de evaporación del diluyente para mezcla templada o fría

Tabla 30. Variables para el cálculo de emisiones por aplicación de asfalto

Variable	Mezcla templada
$\% \text{ peso de asfalto en la mezcla}$	6.50%
Densidad del diluyente como $\% \text{ peso}$	0.30%
$\% \text{ diluyente evaporado}$	95.00%

Fuente: Radian Internacional LLC (1997). Manuales del programa de inventarios de emisiones de México (Volumen V). Elaborado para la Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado. USA. Consultado en 2019, de: https://www3.epa.gov/ttnecat1/cica/other3_s.html

La Ciudad de México y el Municipio de Tizayuca, proporcionaron la cantidad de mezcla asfáltica aplicada, para el Estado de México, se determinó un factor de emisión en toneladas por km de vialidad. En la Tabla 31 se presentan los datos de actividad y la longitud de las vialidades pavimentadas por entidad:

Tabla 31. Cantidad de mezcla asfáltica aplicada e infraestructura de carretera

Entidad	Asfalto aplicado Mezcla templada [t] 2018	Longitud ² [km]
CDMX ¹	231,193	15,884
EDOMEX	N/D	26,267
Tizayuca	10,747	291

Fuente: 1) PACDMX (2018). Cantidad y características de asfalto aplicado. Información obtenida de oficio enviado a la SEDEMA de la Planta de asfalto de la Ciudad de México con número de folio CDMX/SOBSE/PPMA/2019-07-15-01 recibido el 15 de julio de 2019; SOPOH, 2020. Aplicación de asfalto durante 2018. Información recibida de manera económica vía correo electrónico el día 30 de julio de 2020, enviada por la Subdirección de Monitoreo Atmosférico del Estado de Hidalgo; 2) IMT (2020). Red Nacional de Caminos. Documento Técnico. Instituto Mexicano del Transporte (IMT), Consultado en noviembre de 2019, en: <https://www.gob.mx/imt/acciones-y-programas/red-nacional-de-caminos>.

Para el cálculo de las emisiones en el Estado de México, se determinó un factor de emisión expresado en toneladas de COV por kilómetro pavimentado considerando los resultados de 2016 para la CDMX²⁹. El valor calculado del factor es 0.0053 [t/km].

4. Distribución, fugas y almacenamiento de combustibles

4.1. Almacenamiento³⁰, distribución y venta de gasolina

En esta categoría se estimaron las emisiones de los compuestos orgánicos provenientes de los vapores que se emiten durante la distribución y venta de gasolina, los cuales se calculan por etapas, considerando el sistema de recuperación de vapores.

En la Figura 1 se muestran los puntos en donde se generan las emisiones, así mismo, se presenta la metodología para obtener los factores de emisión en cada etapa del proceso de distribución y venta de gasolina.

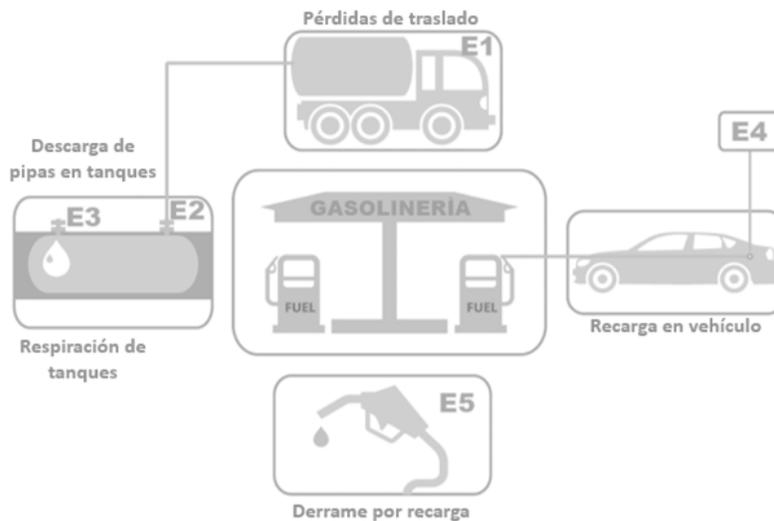


Figura 1. Etapas de emisión en estaciones de servicio

²⁹ Se consideran los resultados de 2016, ya que la generación y aplicación de mezcla asfáltica para la CDMX durante 2018 fue atípica considerando que la Planta de Asfalto de la CDMX sólo operó unos meses.

³⁰ La metodología para estimar las emisiones por almacenamiento masivo de gasolinas se presenta en la memoria de cálculo de fuentes puntuales

4.1.1. Estimación de emisiones por pérdidas de traslado (E1)

La emisión por pérdidas en los vehículos repartidores de gasolina incluye el recorrido de la terminal a la estación de servicio y viceversa (con o sin carga). La cantidad de emisiones depende del grado de venteo, de la hermeticidad del tanque, el ajuste de presión a la válvula de alivio, la presión del tanque al inicio del recorrido, la presión de vapor del combustible transportado y del grado de saturación de vapor del combustible en el espacio del tanque. Las emisiones se calcularon con la siguiente ecuación:

$$E_{E1} = \sum_{i=1}^n ([FE_{tc,i,c} + FE_{tv,i,c}] * C_{Vi})$$

Donde:

E_{E1} = Emisión de COT en la etapa E1 [t/año]

$FE_{tc,i,c}$ = Factor de emisión por pérdida en tránsito con producto a la estación de servicio (i) en condiciones de tránsito (c) [5E-7t/m³], (Radian International, 1997)

$FE_{tv,i,c}$ = Factor de emisión de pérdida en tránsito sin producto a la estación de servicio (i) en condiciones de tránsito (c) [6.5E-6t/m³], (Radian International, 1997)

C_{Vi} = Cantidad de gasolina suministrada a la estación de servicio (i) [m³/año]

N = Número de estación de servicio (i)

4.1.2. Estimación de emisiones por la descarga de pipas a estaciones de servicio (E2)

La descarga de gasolina a tanques subterráneos en la estación de servicio se conoce como carga sumergida con balance de vapor, debido a que cuenta con un sistema de Recuperación de vapores³¹ (SRV), que permite recuperar los vapores desplazados durante la descarga de gasolina y los lleva de regreso al tanque de la pipa de distribución. Su cálculo se realizó de la siguiente forma:

$$E_{E2} = \sum_{i=1}^n FE_{dp} * C_{Vi} * \left(1 - \frac{F_c}{100}\right)$$

Donde:

E_{E2} = Emisión de COT en la etapa E2 [t/año]

C_{Vi} = Cantidad de gasolina suministrada a la estación de servicio (i) [m³/año]

F_c = Factor de corrección referido a la eficiencia del SRV (factor diferenciado por entidad)³²

N = Número de estación de servicio (i)

FE_{dp} = Factor de emisión por descarga de pipas a la estación de servicio (i)

El factor de emisión de la Etapa 2, se estimó considerando las características de la gasolina distribuida en la ZMVM y se calculó con la ecuación (Radian International LLC 1997, p 7-2 a 7-15):

$$FE_{dp} = 12.46 \left(S * P * \frac{M}{T} \right) * 0.000119815 = 7.91E - 04 \frac{t}{m^3}$$

Donde:

FE_{dp} = Factor de emisión por descarga de las pipas durante la carga de combustible [t/m³]

S = Factor de saturación [1 a dimensional] (Radian Internacional LLC, 1997, p. 7-14)³³

P = Presión de vapor verdadera del líquido

M = Peso molecular de los vapores

T = Temperatura del líquido en la descarga, equivalente a temperatura ambiente

0.000119815 = Factor de conversión de [lb/1,000 gal] a [t/m³]

³¹ El sistema de recuperación de vapores es un conjunto de accesorios, tuberías, conexiones y equipos especialmente diseñados para recuperar y controlar la emisión de vapores de gasolina producidos en las operaciones de transferencia de este combustible a las estaciones de servicio y estaciones de autoconsumo, que de otra manera serían emitidos a la atmósfera.

³² La eficiencia de los SRV varía en función al sistema o tecnología instalada por entidad y fueron estimados con base en datos del estudio Determinación de la exposición personal a contaminantes del aire en tres estaciones de servicio de gasolina en la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco (INECC,2014).

³³ Factores de saturación (S) para el cálculo de las pérdidas por recarga de Líquidos de Petróleo. Carga sumergida: servicio exclusivo de balance de vapor.

4.1.3. Estimación de emisiones por respiración de tanques subterráneos (E3)

La cantidad de emisiones depende principalmente de la evaporación y los cambios en la presión barométrica, la frecuencia de extracción de gasolina del tanque también las puede afectar, debido a que el aire fresco que entra incrementa la tasa de evaporación. Estas emisiones se estimaron con la siguiente ecuación:

$$E_{E3} = \sum_{i=1}^n FE_r * C_{Vi}$$

Donde:

E_{E3} = Emisión de COT en la etapa E3 [t/año]

C_{Vi} = Cantidad de gasolina suministrada a la estación de servicio (i) [m³/año]

FE_r = Factor de emisión de pérdida por respiración del tanque [1.2E-4 t/m³], (Radian International, 1997)

N = Número de estación de servicio (i)

4.1.4. Estimación de emisiones por recarga de gasolina en vehículos (E4)

Durante la recarga de gasolina en vehículos se producen emisiones por desplazamiento, la cantidad de vapores depende de la temperatura de la gasolina, la temperatura del tanque del automóvil, de la presión de vapor REID del combustible y de la cantidad vendida. Las emisiones se estimaron por medio de la siguiente ecuación:

$$E_{E4} = \sum_{i=1}^n FE_{cg} * C_{Vi} * \left(1 - \frac{F_c}{100}\right)$$

Donde:

E_{E4} = Emisión de COT en la etapa E4 [t/año]

C_{Vi} = Cantidad de gasolina suministrada a la estación de servicio (i) [m³/año]

F_c = Factor de corrección referido a la eficiencia del SRV (factor diferenciado por entidad)

N = Número de estación de servicio (i)

FE_{cg} = Factor de emisión de pérdida por recarga en vehículos

El factor de emisión FE_{cg} se estima con base en las características de la gasolina distribuida en la ZMVM, con la siguiente ecuación (Radian International LLC, 1997, p 7-13):

$$FE_{cg} = 264.2 * [(-5.909) - 0.0949 (\Delta T) + 0.0884(T_D) + 0.485(RPV)]$$

Donde:

FE_{cg} = Factor de emisión no controlada de COT para recarga de combustible [mg/l]

ΔT = Gradiente de temperatura del tanque del vehículo y del combustible despachado

T_S = Temperatura del combustible despachado

PVR = Presión de Vapor de Reid

4.1.5. Estimación de emisiones por derrames de combustible en la recarga E5.

La emisión de COT en esta etapa depende de las características comerciales de la estación de servicio, de la configuración del tanque y especialmente de la técnica del operador por recarga de combustible. Las emisiones se estimaron de la siguiente forma:

$$E_{E5} = \sum_{i=1}^n FE_d * C_{Vi}$$

Donde:

E_{E5} = Emisión de COT en la etapa E5 [t/año]

C_{Vi} = Cantidad de gasolina suministrada a la estación de servicio (i) [m³/año]

FE_d = Factor de emisión por derrames [8E-5 t/m³], (Radian International, 1997)

N = Número de estación de servicio (i)

Los factores de emisión por etapa se muestran en las Tablas 32 y 33, y las ventas de gasolinas en la Tabla 34.

Tabla 32. Factores de emisión para la distribución de gasolinas en las Etapas 1, 3 y 5

Punto emisor	FE [t/m ³]
Etapa 1	7.00E-06
Etapa 3	1.20E-04
Etapa 5	8.00E-05

Tabla 33. Factores de emisión durante la distribución de gasolinas en las Etapas 2 y 4

Punto emisor	Tipo de gasolina	Entidad	FE promedio [t/m ³]
Etapa 2	Magna	CDMX	2.51E-04
		EDOMEX	4.25E-04
		Tizayuca	7.11E-04
	Premium	CDMX	2.51E-04
		EDOMEX	4.25E-04
		Tizayuca	7.11E-04
Resto del país			4.21E-04
Etapa 4	Magna	CDMX	1.58E-04
		EDOMEX	2.72E-04
		Tizayuca	4.55E-04
	Premium	CDMX	1.61E-04
		EDOMEX	2.78E-04
		Tizayuca	4.65E-04
Resto del país			3.71E-04

Fuente: Radian International LLC (1997). Manuales del programa de inventarios de emisiones de México, volumen V. Desarrollo de Inventarios de emisiones de fuentes de área, Capítulo 7.1 Distribución de gasolina, pág. 7-2 a 7-15. E2, E4: Factores de emisión estimados con propiedades de la gasolina comercializada en la Ciudad de México.

Tabla 34. Venta de gasolinas en la ZMVM [m³/año]

Tipo de Gasolina	CDMX	EDOMEX	Tizayuca	Total
Magna	2,642,721.00	3,128,401.00	51,326.00	5,822,448.00
Premium	643,712.00	493,785.00	8,050.00	1,145,547.00
Resto del país	736,067.00	2,742,017.00	12,135.00	3,490,219.00
ZMVM	4,022,500.00	6,364,203.00	71,511.00	10,458,214.00

Fuente: Determinación propia, a partir de los datos de Volumen de ventas de petrolíferos 2018 (SIE-SENER, 2020)³⁴, el Balance de Combustibles que considera rendimiento de vehículos y actividad vehicular anual (KRV).

4.2. Carga de combustible en aeronaves

Las emisiones de hidrocarburos cuando se recarga el tanque de la aeronave dependen de la presión de vapor del combustible y la temperatura del tanque. Las emisiones se calcularon mediante la siguiente ecuación:

$$E_{E2} = FE_{COT,i} * C_i$$

Donde:

E_{E2} = Emisión de COT por recarga del combustible (i)

$FE_{COT,i}$ = Factor de emisión de COT por recarga del combustible (i) [lb/1,000 gal]

C_i = Cantidad de combustible (i) en la recarga [1,000 gal]

El factor de emisión $FE_{COT,i}$ se ajustó a las características del combustible con la siguiente expresión (Radian Internacional LLC, 1997, p. 7-16):

$$FE_{COT,i} = 12.46 * \left(S * P * \frac{PM}{t} \right)$$

³⁴ SIE-SENER (2020). Volumen de ventas de petrolíferos 2018. Sistema de Información Energética – Secretaría de Energía (SIE-SENER). Consultado en febrero de 2020 de: <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=temas>

Donde:

$FE_{COT,i}$ = Factor de emisión de COT por recarga del combustible (i) [lb/1,000 gal]

S = Factor de saturación (Radian Internacional LLC, 1997, p. 7-14)

P = Presión de vapor verdadera del combustible (i) a temperatura ambiente [PSIA]

PM = Peso molecular de los vapores del combustible (i) [lb/lb-mol]

T = Temperatura de la masa del combustible (i) a temperatura ambiente

Tabla 35. Propiedades y factor de emisión por tipo de combustible

Combustible	Factor de saturación, S^1	P^2 [PSIA]	PM^2 [lb/lb-mol]	T [°R]	Factor de emisión	
					[lb COT / 1000gal]	[t COT/m ³]
Turbosina	1.45	0.009	130	523	0.042	5.03E-06
Gas Avión	1.45	1.403	80	523	3.88	4.64E-04

Fuente: 1) Radian Internacional LLC (1997). Manuales del programa de inventarios de emisiones de México. Vol. V desarrollo de inventarios de emisiones de fuentes de área Tabla 7.1-1 Factores de Saturación (S) para Calcular las Pérdidas al Cargar Líquidos de Petróleo. P 7-14.

2) U.S. EPA (1995). Air Pollutant Emission Factors and Quantification AP-42 (5th ed.). Stationary Point and Area Sources, Chapter 7 "Liquid Storage Tanks". Tabla 7.1-2. U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Consultado en 2018, de: <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emissions-factors>.

En la Tabla 36 se reporta la cantidad y tipo de combustible recargado durante el año 2018.

Tabla 36. Volumen mensual de carga de combustibles en aeronaves

Mes	Gas Avión (m ³)	Turbosina (m ³)	Mes	Gas Avión (m ³)	Turbosina (m ³)
Enero	20	127,002	Julio	28	149,638
Febrero	33	115,660	Agosto	33	146,552
Marzo	30	131,044	Septiembre	30	136,447
Abril	20	129,755	Octubre	37	142,409
Mayo	40	137,079	Noviembre	42	138,018
Junio	23	137,545	Diciembre	24	150,431
		Total			1,641,580

4.3. Almacenamiento y distribución de gas L.P.

La importancia de contabilizar la emisión de este hidrocarburo radica en la alta concentración de propano y butano en el ambiente, como consecuencia de las emisiones fugitivas de gas L.P. Las emisiones fugitivas se dan en las terminales de almacenamiento y distribución, se generan durante el almacenamiento, descarga o recarga de auto tanques y recarga de recipientes estacionarios y portátiles. La estimación de emisiones de COT se realizó con la siguiente ecuación:

$$E_{COT,i} = FE_{COT,j} * DA_j$$

Donde:

$E_{COT,i}$ = Emisión de COT asociada a la actividad (j) [kg/año]

$FE_{COT,j}$ = Factor de emisión de COT asociado a la actividad (j)

DA_j = Dato de actividad (j)

Los factores de emisión son reportados en la siguiente tabla:

Tabla 37. Factores de emisión por almacenamiento y distribución de gas L.P.

Categoría	Actividad	[t COT/t GLP]	[t COV/t GLP]
Almacenamiento	Almacenamiento	1.07E-04	1.05E-04
	Carga de autotanque	2.28E-04	2.24E-04
	Descarga de semirremolques	1.37E-04	1.34E-04
	Llenado de recipientes portátiles	2.60E-04	2.55E-04
Distribución	Estaciones de carburación	2.62E-04	2.57E-04
	Tanques estacionarios	2.29E-04	2.25E-04
	Ventas de tanques portátiles	3.60E-03	3.54E-03

Fuente: PEMEX (1997). "Efectos de los componentes del Gas Licuado de Petróleo en la acumulación de Ozono en la Atmósfera de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México" en la Memoria técnica del estudio, PEMEX, Gas y Petroquímica Básica, Subgerencia de Regulaciones y Medio Ambiente, 1997. pp. 9-77.

Se asumió que las emisiones de COV representan el 98.4% de COT (Radian International LLC, 1997), se consideró un 0.006% de contenido de metano en el gas L.P. y que no se emiten aldehídos (IMP-SEDEMA, 2016). Los indicadores de actividad que se presentan en la siguiente tabla se obtuvieron con las siguientes consideraciones:

- **Almacenamiento:** Volumen de gas L.P. suministrado por planta de almacenamiento y distribución.
- **Carga de autotanques:** Volumen de gas L.P. suministrado a tanques estacionarios del sector industrial, comercial, autotransporte y residencial.
- **Descarga de semirremolques:** El total del gas L.P. suministrado a las plantas de distribución que se realizó por medio de semirremolques, previamente cargados en las terminales de recibo. Asimismo, el combustible se transfirió a las terminales de almacenamiento y distribución.
- **Llenado de recipiente portátil:** Considera el suministro al sector residencial.
- **Estaciones de carburación:** Es la cantidad de gas L.P. suministrado al sector autotransporte.
- **Tanques estacionarios:** Cantidad de gas L.P. suministrado a tanques estacionarios y es la suma del consumo en el sector residencial, industrial y comercial.
- **Venta de tanques portátiles:** Es equivalente a la recarga de recipientes portátiles en la terminal de almacenamiento, solo que su emisión se da fuera de las plantas de almacenamiento y distribución.

Tabla 38. Gas L.P. Almacenado y distribuido en la ZMVM

Entidad Federativa/Municipio	Almacenamiento de GLP [t/año]			Distribución de GLP [t/año]			
	Almacenamiento	Carga de autotanque	Descarga de semirremolque	Llenado de recipientes portátiles	Estaciones de carburación	Tanques estacionarios	Venta de tanque portátil
CDMX	745,464	295,962	745,464	344,566	104,936	295,962	344,566
EDOMEX	1,099,188	360,032	1,099,188	576,934	162,222	360,032	576,934
Tizayuca	10,413	3,411	10,413	5,466	1,537	3,411	5,466
ZMVM	1,855,065	659,405	1,855,065	926,965	267,158	655,994	926,965

Fuente: Secretaría de Energía (2020). ventas internas de gas LP y GN por sector y por entidad federativa para el año 2018. Sistema de información en Energía (SIE-SENER). Consultado en febrero de 2020, de: <http://sie.energia.gob.mx/>

4.4. Fugas en instalaciones de gas L.P.

4.4.1. Emisiones de COT y COV

La estimación de emisiones de hidrocarburos por fugas de gas L.P. se realizó para los siguientes sectores: residencial, comercios y servicios e industrial, se calculó con la siguiente ecuación:

$$E_{cor,j} = FE_{cor,j} * DA_j$$

Donde:

$E_{cor,j}$ = Emisión de COT asociada a la actividad (j) [kg/año]

$FE_{cor,j}$ = Factor de emisión de COT asociado a la actividad (j)

DA_j = Dato de actividad (j), número de equipos que utilizan gas L.P. o cantidad de gas L.P. empleado

Para la estimación de emisiones del sector residencial los factores de emisión (FE) fueron obtenidos del estudio "Diagnóstico de equipos a gas L.P. y actualización de factores de emisión de fugas y combustión de gas L.P. en viviendas de la ZMVM" (IMP-SEDEMA, 2016). Mientras que, para los sectores industrial, comercios y servicios, los factores de emisión se obtuvieron del documento "Efectos de los componentes del Gas Licuado de Petróleo en la acumulación de Ozono en la Atmósfera de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México" (PEMEX, 1997). En las siguientes tablas se muestran los FE por sector para emisiones COT y COV.

Tabla 39. Factores de emisión por fugas domésticas de gas L.P.

Fuente de fuga	COT [t/Vivienda]	COV [t/vivienda]
Tanque portátil	1.15E-02	1.14E-02
Conexiones	5.31E-03	5.22E-03
Picteles	6.22E-03	6.12E-03
Válvulas de paso	2.08E-05	2.05E-05
Recipientes portátiles	N/A	N/A
Tanque Estacionario	7.86E-03	7.73E-03
Válvulas de paso	1.83E-05	1.80E-05
Reguladores	7.15E-03	7.04E-03
Recipientes estacionarios	6.84E-04	6.73E-04
Estufas-portátil	2.84E-03	2.79E-03
Estufas-estacionario	1.60E-03	1.58E-03
Estufas-pilotos	7.65E-06	7.53E-06
Calentadores-portátil	4.34E-03	4.27E-03
Calentadores-estacionarios	3.98E-03	3.92E-03
Calentadores-pilotos	1.75E-08	1.75E-08

Fuente: IMP-SEDEMA (2016). Diagnóstico de equipos a gas L.P. y actualización de factores de emisión de fugas y combustión de gas L.P. en viviendas. Informe del proyecto FAP CPSF/0126/2016-FA, preparado por el Instituto Mexicano del Petróleo para la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA).

Tabla 40. Factores de emisión por fugas en los sectores industrial y servicios

Sector	COT [t/t GLP]	COV [t/t GLP]
Servicios	6.95E-04	6.84E-04
Industria	2.71E-04	2.67E-04

Fuente: PEMEX (1997). "Efectos de los componentes del Gas Licuado de Petróleo en la acumulación de Ozono en la Atmósfera de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México" en la Memoria técnica del estudio, PEMEX, Gas y Petroquímica Básica, Subgerencia de Regulaciones y Medio Ambiente, pp. 9-77.

En la siguiente tabla se presente el volumen de gas L.P. considerado para la estimación de emisiones.

Tabla 41. Volumen de gas L.P. considerado para Fugas en accesorios y equipos

Entidad	Combustible disponible para fugas [m³]					Total
	Residencial	Comercios-Servicios	Industrial	Transporte	Agropecuaria	
CDMX	818,984	282,139	156,118	208,640	16,293	1,482,174
EDOMEX	1,265,810	330,249	241,293	322,471	25,182	2,185,006
Tizayuca	11,992	3,129	2,286	3,055	239	20,700
ZMVM	2,096,786	615,516	399,696	534,166	41,714	3,687,879

4.4.2. Emisiones de GEI

Para la estimación de emisiones de GEI por fugas en instalaciones y accesorios se empleó la siguiente ecuación:

$$E_{CH_4} = CF_{GLP} * \%V_{GLP} * \delta_{CH_4}$$

Donde:

E_{CH_4} = Emisión de Metano (CH₄), [t CH₄/año]

CF_{GLP} = Combustible fugado [m³/año]

$\%V_{GLP}$ = % Volumen de CH₄ en Gas L.P. = 0.01% Volumen de CH₄ (IMP-SEDEMA,2016)

δ_{CH_4} = Densidad del CH₄.

5. Fuentes industriales y comerciales

5.1. Panaderías

La emisión de COT en esta categoría corresponde al etanol liberado como parte del proceso de fermentación de la levadura, depende de la cantidad de azúcar fermentable en la masa, tiempo y temperatura de horneado, el cálculo de emisiones se realizó con la siguiente ecuación:

$$E_{COT} = FE_{COT} * FA$$

Donde:

E_{COT} = Emisión de COT [kg/año]

FE_{COT} = Factor de emisión de COT [t contaminante/ establecimiento-año]

FA = Dato de actividad en el área de estudio [habitante/año]

El factor de emisión para la estimación de emisiones por panaderías se calculó con las siguientes consideraciones:

- i. Se calculó el consumo nacional anual de pan considerando el dato *per cápita* reportado por la Secretaría de Economía (2017) y con información de la Cámara Nacional de la Industria Panificadora, se consideró 33 kg de pan/persona-año.
- ii. Se estimaron las emisiones nacionales por panificación con el FE de 8 kg de COT/Mg de pan (Radian International, LLC., 1997), por el consumo de pan a nivel nacional.
- iii. Con los datos nacionales de número de empleados por tamaño de establecimiento y las emisiones generadas en la producción de pan determinadas en el numeral ii, se obtuvieron factores de emisión diferenciados para establecimientos de 0 a 5 y de 6 a 10 empleados.

Se asumió que la cantidad de COV es el 100% de los COT.

Tabla 42. Factores de emisión de COT [t/establecimiento-año]

Establecimiento de 0 a 5 empleados	Establecimiento de 6-10 empleados
0.351	0.759

5.2. Esterilización en hospitales

La emisión de COT por esterilización en hospitales fue estimada con un factor de emisión en función al número de camas (U.S. EPA, 2003) con la siguiente ecuación:

$$E_{COT,j} = \frac{FE_{COT,j} * DA}{1000}$$

Donde:

$E_{COT,j}$ = Emisión de COT asociada a la unidad médica (j) [t/año]

$FE_{COT,j}$ = Factor de emisión de COT asociado al número de camas de la unidad médica (j) [kg/cama-año] (Tabla 43)

DA_j = Número de camas en la unidad médica (j) [cama/año]

1,000 = Factor de conversión de [kg] a [t]

Tabla 43. Factores de emisión de COT para esterilización en hospitales

Tipo de Hospital	Factor de emisión [t/año-cama]
Grande (+500 camas)	0.00105
Mediano (de 200 a 500 camas)	0.00063
Pequeño (-200 camas)	0.00082

Fuente: U.S. EPA (1999). Document for the Draft 199 National Emissions Inventory (Version 3.0) for Criteria Air Pollutants and Ammonia. Area Sources. E. H. Pechan & Associates, Inc. March 3, 2003. U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Consultado en octubre 2017 en: <http://epa.ohio.gov/portals/27/aqmp/eiu/hosps.pdf>.

El dato de actividad fue obtenido de la base de datos de la Secretaría de Salud (2018) sobre recursos de salud donde se presenta la información sobre el número de camas de hospitales públicos y privados.

5.3. Mantenimiento de aires acondicionados domésticos



La estimación de emisiones por el mantenimiento de aires acondicionados domésticos se realizó con base en las consideraciones del Inventario de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Baja California (2007), ya que no se cuenta con información específica para la ZMVM.

- Carga inicial del sistema de enfriamiento del aire acondicionado es de 1.5 kg de HCFC-22 por equipo.
- La recarga debida al mantenimiento representa 15% de la carga inicial.
- Se asumió que el mantenimiento se realiza en el domicilio donde se encuentra instalado el equipo y que únicamente al 10% del total de aires acondicionados instalados en los hogares se les da mantenimiento.

El número de aires acondicionados instalados en los hogares de la Ciudad de México y el Estado de México se obtuvo de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2018 y 2016, respectivamente ya que para el Estado de México los datos 2018 presentaban una alta incertidumbre (INEGI, 2019). El número de aires acondicionados estimados a los que se les realizó una recarga es de 5,410.

6. Manejo de residuos urbanos

Dentro de este conjunto de categorías se estiman las emisiones debidas al manejo y disposición de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y Aguas Residuales generados en la ZMVM.

6.1. Rellenos Sanitarios

En los rellenos sanitarios, durante el proceso de descomposición de los residuos sólidos de origen orgánico se genera biogás. El biogás está conformado principalmente por metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), además de trazas de compuestos orgánicos volátiles (COV) y monóxido de carbono (CO).



Es importante mencionar que, de acuerdo con las directrices del IPCC 2006³⁵, las emisiones de CO₂ no se reportan en los totales del inventario de emisiones, ya que dicha emisión es de origen biogénico, pero para el caso específico del Relleno Prados de la Montaña sí se reportan emisiones de este gas y de otros contaminantes debido a que el metano que se genera es quemado.

La estimación de emisiones se realizó con el Modelo Mexicano de Biogás (MMB), versión 2 (U.S. EPA, LMOP, 2009). Para utilizar el MMB se requirió información específica de los sitios de disposición final que se encuentran en la ZMVM, la tasa de aceptación anual, año de apertura, año de clausura, capacidad del sitio, porcentaje de residuos cubiertos, entre otros.

La Ciudad de México no cuenta con sitios de disposición final activos, por este motivo los residuos sólidos generados en la CDMX son enviados a rellenos sanitarios del Estado de México y Morelos. Se cuantifican las emisiones de rellenos activos y clausurados ya que estos últimos siguen liberando

³⁵ IPCC (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Capítulo 2, volumen 2, Energía combustión estacionaria, cuadros 2.3, 2.4 y 2.5 consultado en: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf

emisiones residuales producto de la degradación de los residuos sólidos. Se reportan las emisiones de 11 activos y 6 rellenos cerrados.

6.2. Tratamiento biológico de Residuos (Composta)



La estimación de emisiones de gases de efecto invernadero por el tratamiento de residuos sólidos orgánicos se realizó con la metodología del IPCC, 2006, Capítulo 4, tratamiento biológico; para los contaminantes criterio se utilizó la metodología descrita en los manuales de la Unión Europea 2016.

La cantidad de residuos orgánicos tratados de la CDMX fue la reportada en el Inventario de Residuos Sólidos de la Ciudad de México y la la determinación del Balance de Residuos del Estado de México para el año 2018. La información disponible de residuos orgánicos tratados se presenta en la Tabla 44.

Tabla 44. Residuos orgánicos tratados por compostaje

Entidad	Residuos tratados [t/año]
CDMX ¹	8,624
EDOMEX ²	506,860
ZMVM	515,484

Fuente: 1) SEDEMA (2019). Inventario de Residuos Sólidos, Ciudad de México 2018. Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA), Balance de disposición y manejo de residuos sólidos de la CDMX. Consultado en septiembre de 2019 en: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/IRS-2018-VF-09-09-2019.pdf>, 2) INEGI (s/f). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2017. Tabulados básicos. Promedio diario de residuos sólidos urbanos recolectados, por municipio y delegación según tipo de recolección y destino de los residuos. Consultado en 2019 de: <https://www.inegi.org.mx/programas/cngmd/2017/#Tabulados>

Los factores de emisión utilizados se muestran a continuación:

Tabla 45. Factores de emisión por tratamiento biológico

Contaminante	FE	Unidades
¹ CH ₄	4.015	g/kg desechos
¹ N ₂ O	0.33	g/kg desechos
² CO	0.00056	t/t desechos
² NH ₃	0.00066	t/t desechos
³ COV	2.464	kg/t desechos

Fuente: 1) IPCC (2006). Directrices del IPCC 2006 para los inventarios de gases de efecto invernadero. Capítulo 4, tratamiento biológico de los desechos sólidos. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Consultado en septiembre de 2017 de http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/5_Volume5/V5_4_Ch4_Bio_Treat.pdf. 2) EMEP-EEA (2016), air pollutant emission inventory guidebook 2016. Technical guidance to prepare national emission inventories. European Environmental Agency (EEA). Consultado en diciembre de 2017 de: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016#tab-see-also>. 3) ARB (2015). Emissions Inventory Methodology for Composting Facilities. California Air Resources Board (ARB). Consultado en: https://www3.arb.ca.gov/ei/areasrc/composting_emissions_inventory_methodology_final_combined.pdf

Las ecuaciones empleadas se muestran a continuación:

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \sum_i (M_i * FE_i) * 10^3 - R$$

Donde:

Emisiones de CH₄= total de emisiones de metano durante el año inventario, Giga gramos de CH₄ [Gg]

M_i= Masa de los desechos orgánicos sometidos al tratamiento biológico i, Giga gramos

FE_i= Factor de emisión del tratamiento i, g de CH₄/kg de desechos tratados

/= Preparación de abono orgánico o digestión anaeróbica

R= recuperación de metano, [%]

$$Emisiones\ de\ N_2O = \sum_i (M_i * FE_i) * 10^3$$

Donde:

E_{N_2O} = total de emisiones de óxido nitroso durante el año inventario, Gg de N_2O

M_i = Masa de los desechos orgánicos sometidos al tratamiento biológico i , Gg

FE_i = Factor de emisión del tratamiento i , G de N_2O /kg de desechos tratados

I = Preparación de abono orgánico o digestión anaeróbica

6.3. Quema de residuos a cielo abierto



De acuerdo con la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH 2018) un porcentaje de los residuos sólidos son quemados a cielo abierto por la población de sectores específicos, como son las comunidades con alto índice de marginación que no cuentan con servicio de recolección de basura o con sitios de disposición.

Al ser una actividad generadora de gases contaminantes, se realizó la estimación de emisiones con base a la metodología y factores de emisión descritos en los artículos “*Impacto de la quema de basura en la calidad del aire de la Ciudad de México*” (Hodzic *et al.*, 2012), y “*Trazas de emisiones y ligeras absorciones de carbón por quema de leña, estiércol, basura, residuos de cultivos, hornos de ladrillos y otras fuentes*” (Yokelson R. *et al.*, 2016). La estimación de emisiones por quema de residuos se realizó con la siguiente ecuación:

$$E_i = \frac{FA * FE_i}{1000}$$

Donde:

E_i = Emisiones del contaminante i [t/año]

FA = Dato de actividad [t de residuos quemados/año]

FE_i = Factor de emisión del contaminante i [g de contaminante/kg de residuos]

1000 = Factor de conversión a toneladas

La cantidad de residuos que fueron quemados a cielo abierto (Tabla 46) se estimó a partir de los tabulados por entidad federativa de la ENIGH 2018, según los datos de generación y su gestión por Entidad Federativa indicados en la encuesta, así como del balance de residuos sólidos correspondiente a la elaboración del presente inventario.

Tabla 46. Cantidad de residuos sólidos quemados

Entidad	t/año
CDMX	6,169
EDOMEX	215,349
Tizayuca	1,782
ZMMV	223,300

Los factores de emisión se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 47. Factores de emisión por quema de residuos

Factores de emisión [g/kg residuos]								
PM10 ¹	PM2.5 ²	SO ₂ ²	CO ³	NO _x ²	NH ₃ ³	Carbono Negro ²	CO ₂ ³	CH ₄ ³
8.44	8	0.5	84.7	3	0.76	0.6	1,602.00	3.97

Fuente: 1) ARB (2018). California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS) – Particulate Matter and Gas Speciation Profiles [base de datos]. California Agency Air Resources Board (ARB). Consultado en 2020, de: <https://www3.arb.ca.gov/ei/speciate/speciate.htm>. 2) Hodzic A., Wiedinmeyer C., Salcedo D. and Jimenez J. (2012). Impact of Trash Burning on Air Quality in Mexico City. Environmental, Science & Technology. 4950-7; 3) Chelsea E. Stockwell, Ted J. Christian, J. Douglas Goetz, Thilina Jayarathne, Prakash V. Bhawe, Puppala S. Praveen, Sagar Adhikari, Rashmi Maharjan, Peter F. De Carlo, Elizabeth A. Stone, Eri Saikawa, Donald R. Blake, Isobel Simpson, Robert J. Yokelson, Arnico K. Panday (2016). Nepal Ambient Monitoring and Source Testing Experiment (NAMaSTE): emission of trace gases and light-absorbing carbon from wood and dung cooking fires, garbage and crop residue burning, brick kilns, and other sources. Atmospheric Chemistry and Physics. 1-57. https://www.researchgate.net/publication/299360191_Nepal_Ambient_Monitoring_and_Source_Testing_Experiment_NAMaSTE_Emissions_of_trace_gases_and_light-absorbing_carbon_from_wood_and_dung_cooking_fires_garbage_and_crop_residue_burning_brick_kilns_and_oth

6.4. Residuos sólidos no gestionados



De acuerdo con el balance de residuos sólidos se consideró que los residuos que no se envían a sitios de disposición final o se les da algún tratamiento, son dispuestos en tiraderos a cielo abierto. Estos residuos generan emisiones de metano, las cuales se estimaron con el *Inventory Software* del IPCC (2006) versión 2.69, al cual se alimentan datos de cantidad y composición de los residuos sólidos.

Tabla 48. Datos de entrada al software de IPCC para RSNG

Tipo de Residuo	Composición de RSNG [%]	CDMX [Gg/año]	EDOMEX [Gg/año]	Tizayuca (Gg/año)
Food (organics)	31.8%	69.95	427.55	0.33
Garden	8.6%	18.87	115.35	0.09
Paper	13.4%	29.40	179.67	0.14
Wood	1.9%	4.24	25.92	0.02
Textile	3.9%	8.61	52.64	0.04
Nappies	10.6%	23.38	142.87	0.11
Plastics, other inert	29.7%	65.25	398.81	0.31
Total	100.0%	219.69	1,342.80	1.05

Fuente: 1) Determinación propia a partir del Balance de Residuos Sólidos 2018 con datos del Inventario de Residuos Sólidos 2018 y datos de la ENIGH 2018. 2) SMAGEM (2019). Datos de la generación de residuos del Estado de México 2018. Secretaría del Medio Ambiente del Estado de México (SMAGEM). Información proporcionada vía correo electrónico por la Dirección General de Manejo Integral de Residuos. 3) SEMARNATH (2019) Generación de residuos Tizayuca, 2018. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo (SEMARNATH). Datos proporcionados vía correo electrónico en octubre de 2019.

6.5. Tratamiento de aguas residuales (aguas tratadas y no tratadas)

6.5.1. Emisiones COT y COV



La estimación de emisiones de COT y COV de esta categoría se realizó de acuerdo con la metodología del Manual de Inventario de Emisiones para México (Radian International LLC, 1997), la cual presenta la siguiente ecuación:

$$E_{COT} = \frac{V * FE_{COT}}{1000}$$

Donde:

E_{COT} = Emisión de COT [t/año]

V = Volumen de agua residual tratada o Volumen de agua no tratada [l/año]

FE_{COT} = Factor de emisión COT

Debido a la ausencia de aldehídos, se asumió que las emisiones de HCT = COT; la emisión de COV = 92% de los COT. El volumen de aguas residuales tratadas y no tratadas, se reportan en la Tabla 49. El factor de emisión de los COT es de 0.000013 [t/m³].

Tabla 49. Volumen de agua tratada y No tratada en la ZMVM

Entidad	Sector	Consumo total de agua [m ³ /año]	Agua tratada [m ³ /año]	Agua No tratada [m ³ /año]
CDMX	Municipal	708,240,000	71,524,909	636,715,091
	Industrial	20,410,000	5,872,003	14,537,997
EDOMEX	Municipal	656,274,057	64,932,624	591,341,433
	Industrial	109,140,399	27,909,360	81,231,039
Tizayuca	Municipal	7,146,528	5,140,368	2,006,160
	Industrial	5,302,681	N/A	5,302,681
ZMVM	Municipal	1,371,660,585	141,597,901	1,230,062,684
	Industrial	134,853,080	33,781,363	101,071,717

Fuentes: Determinación propia con datos de la Estadística del Agua en México 2018 (CONAGUA, 2018)³⁶, volumen de aguas residuales tratadas y plantas en operación durante 2018 (datos de Comisión Nacional del Agua, Sistema de Aguas de la CDMX y Comisión del Agua del Edo. de México).

³⁶ CONAGUA, (2018). Estadísticas del Agua en México. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Consultado en febrero 08 de 2019 en: http://sina.conagua.gob.mx/publicaciones/EAM_2018.pdf

6.5.2. Emisiones de GEI

Metano

En el proceso de tratamiento de agua residual se generan emisiones de metano (CH_4). La estimación se realizó con base en la metodología propuesta por el IPCC en sus Directrices para los Inventarios Nacionales de GEI, 2006, con la siguiente ecuación:

$$E_{CH_4} = \sum [FE * (TOW - S)] - R$$

Donde:

E_{CH_4} =emisiones de CH_4 durante el año del inventario, kg de CH_4 /año

TOW = Total de materia orgánica en las aguas residuales del año del inventario, kg de DBO/año. (Ver estimación de TOW)

S = Componente orgánico separado como lodo durante el año del inventario, kg de DBO/año. (Ver estimación de TOW)

FE = Factor de emisión, kg de CH_4 /kg de DBO

R = Cantidad de metano recuperado durante el año inventariado en kg/año = 0

DBO =Demanda biológica de oxígeno

Para el factor de emisión:

$$FE_j = Bo * MCF$$

Donde:

FE_j = Factor de emisión, [kg de CH_4 /kg. de COD]

J = Cada vía o sistema de tratamiento y/o eliminación

Bo = Capacidad máxima de producción de CH_4 [kg de CH_4 /kg de COD] (IPCC, 2006)

MCF = Factor corrector para el metano (fracción). Caudal tratado y Caudal no tratado (IPCC, 2006)

Estimación de TOW tratado y sin tratar de las aguas residenciales domésticas.

La estimación del TOW doméstico se realizó mediante la siguiente formula:

$$TOW = DBO_5 * AMC$$

Donde:

TOW = Total de materia orgánica en las aguas residuales del año del inventario, [kg de DBO/año]

DBO_5 =DBO promedio anual municipal [kg DBO/l], (SACMEX, 2018)

AMC = Volumen de aguas residuales [l/año] (CONAGUA, 2019)

Posteriormente se realizó un balance para obtener el TOW tratado y sin tratar (Tabla 50) de acuerdo con el caudal anual tratado [m^3 /año] de las Plantas de Tratamiento de Aguas residuales de la ZMVM en operación durante el año 2018 (CONAGUA, 2019).

Tabla 50. Agua de consumo municipal, TOW doméstico tratado y sin tratar

DBO	CDMX	EDOMEX	Tizayuca	ZMVM	Unidades
Litros tratados al año	71,524,909,440	64,932,624,000	5,140,368,000	141,597,901,440	l/año
kg de DBO de agua tratada	24,513,477	22,254,127	1,761,740	48,529,344	kg DBO/año
kg de DBO de agua no tratada	218,219,092	202,668,341	687,564	421,574,997	kg DBO/año

Fuentes: Determinación propia considerando la metodología las Directrices para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (IPCC, 2006)³⁷ e información de las PTAR, DBO_5 proporcionada por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) el 29 de julio de 2019.

Estimación de TOW tratado y sin tratar de las aguas industriales.

La estimación del TOW industrial se realizó a partir de la siguiente formula:

$$TOW = DBO_5 * AIC$$

³⁷ IPCC (2006). Determinación propia considerando la metodología las Directrices para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, volumen 5 Desechos, capítulo 6 Tratamiento y eliminación de aguas residuales. Intergovernmental Panel on climate Change (IPCC).

Donde:

TOW = Total de materia orgánica en las aguas residuales del año del inventario, [kg de DBO/año]

DBO_5 = DBO promedio anual municipal [kg DBO/l]

AIC = Volumen de Aguas residuales industriales [l/año] (CONAGUA, 2019)

Considerando el balance de agua realizado y las estadísticas del agua en México (CONAGUA, 2018) se obtuvo el volumen de aguas residuales del sector industrial, así como la cantidad de agua tratada y sin tratar (Tabla 51). Posteriormente se realizó la distribución por rama industrial de agua tratada con los porcentajes reportados en el inventario de fuentes fijas.

Tabla 51. Agua de consumo industrial, TOW industrial tratado y sin tratar

	CDMX	EDOMEX	Tizayuca	Total
Agua tratada [m ³ /año]	5,872,003	27,909,360	N/A	33,781,363
TOW total [kg DBO/año]	88,138,992	515,765,833	27,734,874	631,639,699
TOW Tratado [kg DBO/año]	25,357,787	131,891,531	N/A	157,249,318
TOW no tratado [kg DBO/año]	62,781,204	383,874,302	27,734,874	474,390,380

Fuentes: 1) SACMEX (2018). Información de las PTAR, DBO5, información recibida por SACMEX el 29 de julio de 2019. 2) EDOMEX (2018), Información proporcionada por EDOMEX mediante oficio el 06 de agosto de 2019. 3) CONAGUA (2019), Información proporcionada por CONAGUA mediante oficio el 07 de agosto de 2019.

Óxido nitroso (N₂O)

Las emisiones de N₂O se estimaron para el total de las aguas residuales, se realizó conforme a los lineamientos marcados en el IPCC 2006, con la siguiente ecuación:

$$E_{N_2O} = N_{efluente} * FE_{efluente} * \frac{44}{28}$$

Donde:

E_{N_2O} = Emisiones de N₂O durante el año inventario [kg N₂O/año]

$N_{efluente}$ = Nitrógeno en el efluente eliminado en medios acuáticos, [kg N/año]

$FE_{efluente}$ = Factor de emisión para las emisiones de N₂O provenientes de la eliminación en aguas servidas, [kg de N₂O/kg N]

El factor 44/28 corresponde a la conversión de kg de N₂O-N en kg de N₂O. Para conocer el contenido de nitrógeno en el efluente eliminado se utilizó la siguiente ecuación (IPCC, 2006):

$$N_{efluente} = (P * Proteína * F_{NPR} * F_{NON-CON} * F_{IND-COM}) - N_{Lodo}$$

Donde:

$N_{efluente}$ = cantidad total anual de nitrógeno en los efluentes de aguas residuales, [kg N/año]

P = Población humana

$Proteína$ = Consumo *per cápita* anual de proteínas, [kg/persona/año]

F_{NPR} = Fracción de nitrógeno en las proteínas

$F_{NON-CON}$ = Factor de las proteínas, no consumidas añadidas a las aguas residuales

$F_{IND-COM}$ = factor para las proteínas industriales y comerciales co-eliminadas en los sistemas de alcantarillado

N_{Lodo} = nitrógeno separado con el lodo residual [kg de N/año]

7. Fuentes misceláneas

7.1. Incendios en estructuras

Los incendios en estructuras (casa habitación, hoteles, departamentos y comercios, entre otros) son considerados como fuentes de contaminación por combustión, depende de la cantidad de material consumido. Para la estimación de emisiones se utilizó información referente a la cantidad de material consumido de la estructura del edificio, mobiliario y decoración (Radian International LLC, 1997).



En esta sección se incluyen valores típicos de residencias en los Estados Unidos, sin embargo, en México el diseño en la construcción de hogares generalmente es de ladrillo o mampostería y metales, y en poca escala de maderas; por lo tanto, se consideró esta diferencia en la cantidad de material contenido en el inmueble (MI), para la estimación de emisiones se utilizó la siguiente ecuación:

$$E_i = Fe_i * \frac{I * \%W * (MI + MC)}{1000}$$

Donde:

E_i = Emisión del contaminante (i) [kg/año]

Fe_i = Factor de emisión del contaminante (i) [kg/t de material]

I = Número de incendios por año [año]

$\%W$ = Promedio porcentual de pérdida estructural (Radian International LLC, 1997)

MI = Cantidad de material contenido en el Inmueble [t]

MC = Cantidad de material estructural [t]

Los factores de emisión se presentan en la Tabla 52 y el número de incendios reportados por el Heroico Cuerpo de Bomberos de la CDMX, el municipio de Tizayuca, así como una proyección de siniestros del Estado de México considerando crecimiento poblacional y los datos de 2016 del Anuario Estadístico y Geográfico del Estado de México en la Tabla 53.

Tabla 52. Factores de emisión para incendios en estructuras

Contaminante	Estructuras	Automóviles
	FE [t cont/t comb. quemado]	FE [t cont/# incendio]
PM10 ²	4.80E-03	7.56E-03
PM2.5 ²	4.46E-03	7.03E-03
CO ¹	7.62E-02	9.64E-03
NO _x ¹	1.81E-03	3.18E-04
COT ¹	6.31E-03	3.27E-03
COV ¹	4.41E-03	2.29E-03

Fuente: 1) CARB (1999). Emission Inventory Source Category. Section 7.14. Structure and Automobile fires. California Air Resources Board (ARB). Consultado en 2019, de: <https://www.arb.ca.gov/ei/areasrc/fullpdf/full7-14.pdf>. 2) CARB (2018). Particulate Matter Profile. California Emission Inventory and report system CEIDARS. Consultado en noviembre de 2019 de <https://www.arb.ca.gov/ei/speciate/speciate.htm#specprof>.

Tabla 53. Número de incendios en estructuras por entidad federativa

Tipo de estructuras	Número de incendios				Tipo de estructuras	Número de incendios			
	CDMX	EDOMEX	Tizayuca	ZMVM		CDMX	EDOMEX	Tizayuca	ZMVM
Casa Particular	919	406	22	1,347	Culturales y Parques	61	N/A	N/A	61
Casa Vecindad	23	N/A	N/A	23	Iglesias	3	N/A	N/A	3
Edif. Deptos.	399	N/A	N/A	399	Hoteles	9	N/A	N/A	9
Predio Baldío	394	343	4	741	Talleres	19	N/A	1	20
Edificios Públicos	7	721	1	8	Mercados	21	N/A	N/A	21
Comercios	271	42	1	993	Instalaciones de F.F.C.C	N/A	N/A	N/A	N/A
Fábricas Industriales	26	N/A	3	71	Reclusorios	1	N/A	N/A	1
Asentamientos irregulares	3	N/A	N/A	3	Terrenos de gobierno	30	N/A	N/A	30
Bancos	2	N/A	N/A	2	Discotecas	N/A	N/A	N/A	N/A
Panteones	20	N/A	N/A	20	Vía pública	1,740	2,312	72	4,124
Escuelas	35	N/A	N/A	35	Vehículos	681	825	14	1,520
Hospitales	4	N/A	N/A	4	Total	4,668	4,649	118	9,435

Fuente: 1) HCBCDMX (2018). Número de incendios por tipo de estructura y alcaldía, 2018. Heroico Cuerpo de Bomberos de la Ciudad de México (HCBCDMX). Información recibida vía correo electrónico el 5 de septiembre de 2019. 2) SEMARNATH (2019). Incendios atendidos por Protección Civil y Bomberos del municipio de Tizayuca, 2018. Información proporcionada vía correo electrónico por la Dirección General de Recursos Naturales. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo (SEMARNATH).

Se estimó el porcentaje promedio de pérdida estructural dado que el material que conforma la estructura no es consumido totalmente por el fuego. En California el porcentaje de pérdida estructural se ha estimado con un valor resultante del 7.3% (CARB, 1999), este dato fue utilizado, sin embargo, es deseable una estimación específica para la Ciudad. En la Tabla 54 se muestra el material en el interior de diferentes inmuebles susceptible a ser combustible.

Tabla 54. Material estructural susceptible a ser combustible

Inmueble	Combustible en inmueble [t de material]	Inmueble	Combustible en inmueble [t de material]
Casa particular	4.06	Hospitales	76.17
Casa vecindad	1.52	Centros culturales y parques	3.75
Edificios-Departamentos	2.54	Iglesias	11.25
Predio baldío, casas abandonadas	4.69	Hoteles	24.37
Edificios públicos	23.14	Talleres	1.87
Comercios	1.33	Mercados	21.09
Fábricas e industrias	23.44	Instalaciones de Ferrocarriles	23.44
Asentamientos irregulares	10.16	Reclusorios	14.06
Bancos	3.86	Terrenos de gobierno	4.69
Panteones	4.69	Discotecas	2.66
Escuelas	46.29	Vía pública	15.98

Fuente: CARB (1999). Emission Inventory Source Category. Section 7.14 Structure and Automobile Fires. California Air Resources Board (ARB). Consultado el noviembre de 2019, de: <http://www.arb.ca.gov/ei/areasrc/fullpdf/full7-14.pdf>.

7.2. Incendios forestales

La estimación de emisiones por incendios forestales se realizó con base a los lineamientos descritos en los Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones en México (Radian International, LLC., 1997). Para el cálculo de emisiones por incendios forestales, se utilizó la siguiente ecuación:

$$E_{ij} = Fe_{ij} * L * C * A$$

Donde:

E_{ij} = Emisiones del contaminante (i) por la vegetación (j)

Fe_{ij} = Factor de emisión del contaminante (i) para la vegetación (j) [g/kg]

L = Carga de combustible [kg/ha]

C = Porcentaje de combustible consumido en el incendio

A = Superficie quemada [ha]

i = Tipo de contaminante



En la Tabla 55 se presentan los factores de emisión utilizados para estimar las emisiones por incendios forestales.

Tabla 55. Factores de Emisión por especie afectada

Especie	Factores de emisión (g/kg)											
	PM10 ¹	PM2.5 ²	SO ₂ ¹	CO ³	NO _x ³	COT ¹	COV	NH ₃ ¹	CN ¹	CO ₂ ¹	CH ₄ ¹	N ₂ O
Encino	9.40	7.90	0.80	85.20	2.50	6.20	2.00	0.60	0.57	1,631.40	4.30	0.20
Encino-pino	9.40	7.90	0.80	85.20	2.50	6.20	2.00	0.60	0.57	1,631.40	4.30	0.20
Pino	10.20	8.60	0.80	95.10	2.50	6.90	2.20	0.70	0.62	1,613.00	4.70	0.20
Pino-encino	8.60	7.30	0.80	75.40	2.50	5.60	1.80	0.60	0.52	1,649.70	3.80	0.20
Oyamel	11.00	9.30	0.80	104.90	2.50	7.50	2.40	0.80	0.67	1,594.70	5.10	0.20
Material espinoso	8.60	7.30	0.80	75.40	3.50	5.60	1.80	0.60	0.52	1,649.70	3.80	0.20
Matorral	8.60	7.30	0.80	75.40	2.50	5.60	1.80	0.60	0.52	1,649.70	3.80	0.20
Pastizal inducido	8.60	7.30	0.80	75.40	3.50	5.60	1.80	0.60	0.52	1,649.70	3.80	0.20
Pasto	12.60	10.70	1.20	124.60	3.70	13.70	8.70	1.30	0.77	1,833.00	5.00	0.20

Fuentes: 1) Battye, W., & Battye, R. (2002). Development of Emissions Inventory Methods for Wildland Fire. Final Report for Thompson G. Pace. U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Consultado en 2019, de: <http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch13/related/firerept.pdf>. 2) Radian International (1997). Manuales de Inventario de Emisiones de México (Vol. 5, p. 11-6). 3) U.S. EPA. (1996). Air Emission Factors and Quantification AP42 (5th ed.). Volumen 1, Chapter 13 Miscellaneous Sources, 13.1 Wildfires and Prescribed Burning., U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Consultado en 2019, de: <https://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch13/final/c13s01.pdf>.

Los parámetros establecidos para el cálculo de emisiones de incendios forestales corresponden a pruebas y especies representativas de Estados Unidos principalmente de California, Oregón y Washington, por lo que se realizó una semejanza con los tipos de vegetación para la ZMVM.

Debido a que no se cuenta con información suficiente en cuanto a las fases de combustión de las especies nativas en México, se consideró la eficiencia promedio de combustión por tipo de vegetación

afectada [η]; la carga de combustible (L) es un estimado en base seca (Tabla 56). El porcentaje de la carga de combustible que es consumido por el incendio (C) supone que es el 100%, por lo tanto ($C=1$).

Tabla 56. Carga de combustible y factor de emisión por incendios forestales

Especie	CC= L*C= [kg/ha]	η (fracción)
Encino	819.00	0.89
Encino-Pino	819.00	0.89
Pino	5,772.00	0.88
Pino-Encino	2,318.00	0.90
Oyamel	7,749.00	0.87
Material espinoso	2,396.00	0.90
Matorral	2,317.00	0.90
Pastizal inducido	2,317.00	0.90
Pasto	2,317.00	1.00

Fuente: SEMARNAT (2017). Carga de combustible por especie forestal. Información proporcionada vía correo electrónico en 2016. 2) SEMARNAT (2013). Factores de emisión para pastos, del INEM 2011.

Las autoridades ambientales de cada entidad son las responsables de reportar el número y ubicación de los incendios forestales, estos se geolocalizan sobre la cobertura de uso de suelo y vegetación de la ZMVM, para obtener el tipo de vegetación afectada y aplicar el factor de emisión respectivo. El número de incendios forestales y el área afectada durante 2018, se presenta en la Tabla 57.

Tabla 57. Superficie afectada por entidad

Entidad	Alcaldía/Municipio	Superficie afectada [ha]	Entidad	Alcaldía/Municipio	Superficie afectada [ha]
CDMX	Álvaro Obregón	0.58	EDOMEX	Isidro Fabela	17.5
	Cuajimalpa	106.74		Ixtapaluca	146.3
	Gustavo A. Madero	14.03		Jilotzingo	38
	Iztapalapa	17.17		Naucalpan	14
	Magdalena Contreras	27.27		Nicolás romero	92
	Milpa Alta	1,040.07		Otumba	167
	Tláhuac	4.35		San Martín de las Pirámides	2
	Tlalpan	1,482.64		Tepetlaoxtoc	33
	Xochimilco	32.36		Tepotztlán	45.5
Total CDMX	2725.21		Texcoco	166	
EDOMEX	Amecameca	59.5	Tlalmanalco	39	
	Atizapán de Zaragoza	3.5	Tlalnepantla	31.8	
	Atlautla	24	Tultitlán	49	
	Chalco	17.5	villa del carbón	42.5	
	Chiautla	15	Huixquilucan	7.5	
	Coacalco	63	Juchitepec	11	
	Ecatepec	8.7	Axapusco	148	
	Ecatzingo	1	Total EDOMEX	1,242.30	

Fuente: 1) SEDEMA-DGCOENADR (2020). Incendios forestales registrados en la Ciudad de México, 2018. Información proporcionada por la Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural, de la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México. 2) SMAGEM-PROBOSQUE (2019). Incendios forestales registrados en el Estado de México durante 2018. Información proporcionada por la Dirección de Protección Forestal, Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (SMAGEM). 3) SEMARNATH (2019). Número de incendios forestales de Tizayuca, 2018. Información proporcionada por la Dirección de Calidad del Suelo. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo (SEMARNATH).

7.3. Quemas controladas



Las emisiones por quemas controladas se estiman con la misma metodología que incendios forestales. La superficie afectada por tipo de vegetación se muestra en la Tabla 58.

Tabla 58. Suelo afectado por tipo de vegetación

Alcaldía/Municipio	Superficie por tipo de vegetación [ha]				Municipio	Superficie por tipo de vegetación [ha]			
	PPA	PP	CAP	PI		PPA	PP	CAP	PI
Iztapalapa	0.04	0.06	N/A	0.03	Hueypoxtla	0.15	0.69	N/A	2.16
Magdalena Contreras	0.13	0.22	0.01	0.09	Isidro Fabela	0.44	2.07	0.01	6.48
Milpa Alta	0.29	0.49	0.02	0.2	Ixtapaluca	4.63	21.73	0.11	68.03
Tláhuac	0.04	0.07	N/A	0.03	Jilotzingo	0.59	2.76	0.01	8.64
Tlalpan	0.97	1.64	0.05	0.68	Juchitepec	0.79	3.7	0.02	11.59
Xochimilco	1.16	1.96	0.06	0.82	Naucalpan	0.66	3.1	0.02	9.72
Total	2.63	4.46	0.13	1.85	Nicolás Romero	2.87	13.45	0.07	42.11
Amecameca	1.08	5.06	0.03	15.84	Otumba	0.12	0.57	N/A	1.8
Atlautla	0.1	0.46	N/A	1.44	Tenango del Aire	0.06	0.3	N/A	0.94
Axapusco	0.49	2.3	0.01	7.2	Tepetlaoxtoc	0.64	2.99	0.02	9.36
Ayapango	0.24	1.15	0.01	3.6	Texcoco	4.6	21.62	0.11	67.67
Chalco	2.3	10.81	0.06	33.83	Tlalmanalco	28.29	132.8	0.68	415.74
Ecatzingo	0.05	0.23	N/A	0.72	Villa del Carbón	3.31	15.52	0.08	48.59
				Total		51.4	241.31	1.24	755.45

PPA: Pino arbustivo; PP: Pino arbórea; CAP: Cola de antilope-pastizal; PI: Pastizal inducido.

Fuente: 1) SEDEMA-DGCOENARD (2020). Ubicación tipo y área afectada por incendios forestales para la Ciudad de México durante 2018. Información proporcionada vía correo electrónico el 18 junio de 2020. 2) PROBOSQUE (2019). Ubicación, tipo y área afectada por incendios forestales para el Estado de México durante 2018. Información proporcionada vía correo electrónico en Julio de 2019 por la Dirección de Protección Forestal.

7.4. Emisiones domésticas

Para la estimación de las emisiones domésticas de amoníaco se utilizó la metodología descrita en los *Manuales del programa de Inventarios de Emisiones en México* (Radian International, LLC., 1997); para la cuantificación de PM10 y PM2.5, provenientes de las heces de mascotas la metodología planteada en el Programa de evaluación y Monitoreo Europeo de la Agencia Ambiental Europea (EMEP-EEA, 2017), y para el CO₂ por consumo de cigarrillos el estudio “*Medición de las concentraciones de CO₂ emanados de cigarrillos convencionales y electrónicos*” (Brotos Científicos, 2017) el cálculo de emisiones se realizó con la ecuación general:

$$E_i = FE_{ik} * DA_k$$

Donde:

E_i = Emisión del contaminante i [t/año]

FE_{ik} = Factor de emisión del contaminante i para el Dato de actividad correspondiente

DA_k = Población de: población, infantes, animal (perros, gatos, ratas); y consumo de cigarrillos, entre otros



Se estimaron emisiones de amoníaco por el consumo de cigarrillos, el uso de pañales desechables, por la respiración y transpiración humana, el uso doméstico de amoníaco, de alcantarillas, por desechos humanos (personas en situación de calle) y de animales (perros, gatos y ratas). En las Tablas 59 y 60 se muestran los factores de emisión.

Tabla 59. Factores de emisión para emisiones domésticas de NH₃

Categoría	Factor de emisión	Unidad	Categoría	Factor de emisión	Unidad
Perros	2.49	kg/cabeza	Pañales (desechables)	0.16	kg/infante
Gatos	0.82	kg/cabeza	Pañales (tela)	3.13	kg/infante
Transpiración humana	0.25	kg/persona	Cigarrillos	5.2	mg/cigarrillo
Respiración humana	0.0016	kg/persona	Ratas	130	mg/cabeza
Desechos humanos (otros)	0.023	kg/persona	Alcantarillas	80.4	g/persona
Uso doméstico de amoníaco	0.023	kg/persona	Desechos humanos (indigentes)	4.99	kg/persona

Fuente: 1) Radian International LLC (1997). Manuales del Programa de Inventarios de emisiones de México, 11.6 Emisiones domésticas de amoníaco, pág.11-31. 2) Gobierno del Distrito Federal México (2002). Inventario de Emisiones de la zona Metropolitana del Valle de México 2002, pág. 100 de: <http://www.bvsde.paho.org/texcom/cd050836/secretin.pdf>

Tabla 60. Factores de emisiones para partículas y CO₂ en emisiones domésticas

Contaminante	Factor de emisión	Unidades
PM10 ¹	0.0081	kg/cabeza-año
PM2.5 ¹	0.0042	
CO ₂ ²	0.00006	t CO ₂ /Cigarrillo

Fuente: 1) EMEP-EEA (2017). Guía para el inventario de emisiones de contaminantes al aire 2016. Programa de Evaluación y Monitoreo europeo y la Agencia Ambiental Europea (EMEP-EEA), pág. 19. Consultado en 2018 de <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016/part-b-sectoral-guidance-chapters/4-agriculture/3-b-manure-management-2016/view>. 2) Brotes Científicos (2017). Medición de las concentraciones de CO₂ emanados de cigarrillos convencionales y electrónicos, Ciencias Naturales, Vol. 1, No. 1, Pág. 53-63, consultado en 2017 de http://brotescientificos.usach.cl/sites/brotes/files/articulo_7.pdf.

La Tabla 61 concentra los datos de actividad considerados para la estimación de emisiones domésticas de la ZMVM.

Tabla 61. Dato de actividad por emisiones domésticas

Entidad	Población	Total cigarrillos	Población 0 a 3 años	Perros	Gatos	Ratas	Población en situación de calle
CDMX	9,041,395	5,030,705,537	497,345	3,852,318	596,838	54,248,370	4,354
EDOMEX	12,522,763	5,064,475,032	890,752	5,335,224	826,584	75,136,578	3,980
Tizayuca	130,160	37,755,867	11,976	55,380	8,580	780,960	56
ZMVM	21,694,318	10,132,936,436	1,400,073	9,242,922	1,432,002	130,165,908	8,390

7.5. Vialidades pavimentadas

La emisión de partículas fugitivas resuspendidas por la circulación de vehículos en vialidades pavimentadas, por cada temporada climática, se estimó por medio de la siguiente ecuación (U.S EPA, 2011):

$$E_i = \frac{FE_j * KRV}{1000000}$$

Donde:

E_i = Emisión de partículas PM10 o PM2.5 [t]

FE_j = Factor de emisión de PM10 o PM2.5 de la flota vehicular [g/km]

KRV = Kilómetros recorridos totales de la flota vehicular

1000000 = Factor de conversión de gramos a toneladas



El factor de emisión de PM10 y PM2.5 se calculó con la ecuación (U.S. EPA, 2011, p. 13.2.2-4).

$$FE = K(sL)^{0.91} * (W)^{1.02} * \left(1 - \frac{P}{4N}\right)$$

Donde:

FE = Factor de emisión anual [g/ KRV]

K = Multiplicador de partícula (factor de emisión base) [g/ KRV]:

sL = Carga de material que puede suspenderse [g/m²]

W = Peso promedio de los vehículos [2.09 t]

P = Días con más de 0.254 mm (0.01 in) de precipitación

N = Número de días al año; la duración en días por temporada climática (N)

El peso promedio de los vehículos fue determinado a partir de datos de flota (SEDEMA, 2020) considerando el peso por tipo de vehículo y el porcentaje de contribución de los KRV. El peso promedio determinado es de 2.09 toneladas. La carga de material (sL), se define como la masa de material igual o menor a 75 µm de diámetro por unidad de área en la superficie del camino pavimentado; se sabe que sobre la red vial terciaria o local circulan en promedio menos de 500 vehículos por día (tránsito escaso), y que sobre la red primaria y secundaria en promedio 500 o más de 10,000 vehículos diarios (como tránsito intenso). En la Tabla 62 se muestran los valores de carga de material por vialidad.

Tabla 62. Valores de carga de material (sL)

Valores de carga de material que puede suspenderse, [g/m ²]	Tránsito intenso	Tránsito escaso
sL	0.035	0.320
(sL) ^{0.91}	0.047	0.350

Fuente: CARB (2006). Entrained paved road dust paved road travel, Section 7.8 - SJV. Consultado en enero de 2019 en: <https://www.arb.ca.gov/ei/areasrc/PMSJVPavedRoadMethod2003.pdf>

El número de días con más de 0.254 mm de agua de precipitación (Tabla 63) se obtuvo de los registros de precipitación pluvial para el año 2018 (SIMAT, 2018 y CAEM, 2016). Asimismo, se muestran los factores de emisión promedio para tráfico intenso por entidad y temporada (Tabla 64) y los factores de emisión promedio para tráfico escaso por entidad y temporada (Tabla 65).

Tabla 63. Días con más de 0.254 mm de precipitación por temporada

Entidad	Número de días con precipitación >0.254 mm por temporada		
	Fría	Lluviosa	Seca
CDMX	13	102	28
EDOMEX	10	69	21
Tizayuca	8	43	10

Tabla 64. Factores de emisión promedio para tráfico intenso

Entidad	Tráfico intenso					
	FE PM10 [kg/KRV]			FE PM2.5 [kg/KRV]		
	Fría	Lluviosa	Seca	Fría	Lluviosa	Seca
CDMX	6.06E-05	4.91E-05	5.86E-05	1.46E-05	1.19E-05	1.42E-05
EDOMEX	6.10E-05	5.52E-05	5.87E-05	1.48E-05	1.34E-05	1.42E-05
Tizayuca	6.12E-05	5.79E-05	6.06E-05	1.48E-05	1.40E-05	1.47E-05

Tabla 65. Factores de emisión promedio para tráfico escaso

Entidad	Tráfico escaso					
	FE PM10 [kg/KRV]			FE PM2.5 [kg/KRV]		
	Fría	Lluviosa	Seca	Fría	Lluviosa	Seca
CDMX	4.54E-04	3.67E-04	4.39E-04	1.10E-04	8.89E-05	1.06E-04
EDOMEX	4.57E-04	4.14E-04	4.40E-04	1.11E-04	1.00E-04	1.06E-04
Tizayuca	4.59E-04	4.34E-04	4.54E-04	1.11E-04	1.05E-04	1.10E-04

Se considera que los autos particulares, SUV y taxis tienen recorridos por vialidades con tránsito escaso e intenso, por lo que los KRV de estos tipos de vehículos se distribuyeron con los porcentajes que se muestran en la Tabla 66.

Tabla 66. Porcentaje de KRV en Vialidades de tráfico intenso y escaso

Tipo de tráfico	% intenso	% escaso
Promedio	97.7%	2.3%

7.6. Vialidades no pavimentadas

Las emisiones estimadas en esta categoría se atribuyen a las partículas que son arrastradas y arrojadas 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. La emisión de partículas se estimó por medio de la siguiente ecuación:

$$E_i = \frac{FE_i * KRV}{1000000}$$

Donde:

E_i = Emisión de partículas PM10 o PM2.5[t]

FE_i = Factor de emisión de PM10 o PM2.5 de la flota vehicular[g/km]

KRV = Kilómetros recorridos totales de la flota vehicular (solo se consideraron autos y camionetas SUV con hologramas “1” y “2” y el total de taxis en tránsito escaso)

1000000= Factor de conversión de gramos a toneladas

El factor de emisión se obtuvo por medio de la siguiente ecuación:

$$FE = \frac{K \left(\frac{S}{12}\right)^a * \left(\frac{S}{30}\right)^d}{\left(\frac{M}{0.5}\right)^c} - C * \frac{365 - p}{365}$$

Donde:

FE= Factor de emisión (g/km)

k= Factor de emisión base para cierto tamaño de partícula [g/km]

s= Carga de material que puede suspenderse

M= Contenido de humedad del material en la superficie (%)

p= Número de días con más de 0.254 mm de precipitación

S=Velocidad promedio vehicular (mph)=16 km/h

C= Factor de emisión por escape, llantas y frenos, para la flota vehicular 2018 [g/KRV]

Tabla 67. Valores de las constantes de la ecuación para partículas

Parámetro	PM10	PM2.5
k [g/KRV]	507.0	51.0
a	1.0	1.0
d	0.5	0.5
c	0.2	0.2
C	0.0725	0.0195

El valor de humedad de la superficie del suelo (M), por alcaldía y municipio, proviene del análisis de la información meteorológica del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (SIMAT, 2018) y SACMEX (2018) (Tabla 68). Asimismo, se muestran los factores de emisión por temporada para la Ciudad de México (Tabla 69), Estado de México (Tabla 70) y Tizayuca (Tabla 71).

Tabla 68. Porcentaje promedio de humedad del material superficial del suelo

Entidad	Humedad, M [%]		
	Fría	Lluviosa	Seca
CDMX	53.18	63.20	46.86
EDOMEX	89.16	87.63	80.97
Tizayuca	58.73	67.98	47.08

Tabla 69. Factores de emisión para la CDMX por alcaldía y temporada

Alcaldía	Fría		Lluvia		Seca	
	FE PM10 [g/KRV]	FE PM2.5 [g/KRV]	FE PM10 [g/KRV]	FE PM2.5 [g/KRV]	FE PM10 [g/KRV]	FE PM2.5 [g/KRV]
Álvaro Obregón	67.57	6.75	17.66	1.76	49.78	4.97
Azcapotzalco	66.96	6.69	26.05	2.60	52.03	5.19
Benito Juárez	68.24	6.81	25.02	2.50	58.84	5.87
Coyoacán	68.14	6.80	23.97	2.39	53.98	5.39
Cuajimalpa	61.41	6.13	11.10	1.11	48.74	4.87
Cuauhtémoc	69.47	6.94	28.24	2.82	54.08	5.40
Gustavo A. Madero	66.35	6.62	27.44	2.74	49.55	4.95
Iztacalco	69.07	6.90	40.92	4.08	56.13	5.60
Iztapalapa	67.96	6.78	20.22	2.02	52.78	5.27
Magdalena Contreras	62.56	6.25	12.76	1.27	49.78	4.97
Miguel Hidalgo	68.90	6.88	23.77	2.37	51.56	5.15
Milpa Alta	64.12	6.40	28.36	2.83	53.61	5.35
Tláhuac	66.58	6.65	26.50	2.65	55.24	5.51
Tlalpan	63.37	6.33	13.36	1.33	50.39	5.03
Venustiano Carranza	67.21	6.71	33.39	3.33	56.97	5.69
Xochimilco	66.83	6.67	27.51	2.75	55.30	5.52

Tabla 70. Factores de emisión para el EDOMEX por municipio y temporada

Municipio	Fría		Lluvia		Seca	
	FE PM10 [g/KRV]	FE PM2.5 [g/KRV]	FE PM10 [g/KRV]	FE PM2.5 [g/KRV]	FE PM10 [g/KRV]	FE PM2.5 [g/KRV]
Acolman	60.91	6.08	47.47	4.74	51.61	5.15
Amecameca	62.13	6.20	27.63	2.76	53.17	5.31
Apaxco	60.84	6.07	37.86	3.78	58.92	5.88

Municipio	Fría		Lluvia		Seca	
	FE PM10 [g/KRV]	FE PM2.5 [g/KRV]	FE PM10 [g/KRV]	FE PM2.5 [g/KRV]	FE PM10 [g/KRV]	FE PM2.5 [g/KRV]
Atenco	61.24	6.11	34.82	3.48	52.02	5.19
Atizapán de Zaragoza	61.35	6.12	30.22	3.02	51.09	5.10
Atlautla	62.67	6.26	32.48	3.24	53.21	5.31
Axapusco	66.76	6.66	56.16	5.61	60.76	6.06
Ayapango	62.13	6.20	27.63	2.76	53.17	5.31
Chalco	62.66	6.25	33.06	3.30	53.05	5.30
Chiautla	64.01	6.39	45.54	4.55	56.43	5.63
Chicoloapan	62.56	6.25	32.05	3.20	51.88	5.18
Chiconcuac	64.01	6.39	45.54	4.55	56.43	5.63
Chimalhuacán	58.90	5.88	27.17	2.71	44.53	4.45
Coacalco de Berriozábal	59.42	5.93	33.64	3.36	49.52	4.94
Cocotitlán	62.66	6.25	33.06	3.30	53.05	5.30
Coyotepec	59.32	5.92	28.46	2.84	47.31	4.72
Cuautitlán	61.11	6.10	35.64	3.56	56.30	5.62
Cuautitlán Izcalli	63.16	6.30	31.17	3.11	59.04	5.89
Ecatepec de Morelos	61.24	6.11	34.82	3.48	52.02	5.19
Ecatzingo	63.21	6.31	37.33	3.73	53.25	5.32
Huehuetoca	59.32	5.92	28.46	2.84	47.31	4.72
Hueyoxotla	60.84	6.07	37.86	3.78	58.92	5.88
Huixquilucan	59.71	5.96	15.31	1.53	43.61	4.35
Isidro Fabela	61.35	6.12	30.22	3.02	51.09	5.10
Ixtapaluca	62.37	6.23	33.29	3.32	55.14	5.50
Jaltenco	60.59	6.05	44.85	4.48	52.42	5.23
Jilotzingo	59.72	5.96	24.80	2.48	48.51	4.84
Juchitepec	62.66	6.25	33.06	3.30	53.05	5.30
La Paz	61.43	6.13	35.93	3.59	56.08	5.60
Melchor Ocampo	61.11	6.10	35.64	3.56	56.30	5.62
Naucalpan de Juárez	58.09	5.80	19.36	1.93	45.92	4.58
Nextlalpan	60.55	6.04	45.08	4.50	53.85	5.38
Nezahualcóyotl	62.21	6.21	39.93	3.99	49.97	4.99
Nicolás Romero	61.45	6.13	31.02	3.10	50.13	5.00
Nopaltepec	66.76	6.66	56.16	5.61	60.76	6.06
Otumba	66.76	6.66	56.16	5.61	60.76	6.06
Ozumba	62.13	6.20	27.63	2.76	53.17	5.31
Papalotla	64.57	6.44	44.74	4.47	57.96	5.79
San Martín de las Pirámides	66.76	6.66	56.16	5.61	60.76	6.06
Tecámac	60.59	6.05	59.97	5.99	51.21	5.11
Temamatla	62.66	6.25	33.06	3.30	53.05	5.30
Temascalapa	63.67	6.36	58.07	5.80	56.02	5.59
Tenango del Aire	62.39	6.23	30.33	3.03	53.11	5.30
Teoloyucan	60.21	6.01	32.04	3.20	51.77	5.17
Teotihuacán	63.67	6.36	58.07	5.80	56.02	5.59
Tepetlaotoc	66.76	6.66	56.16	5.61	60.76	6.06
Tepetlixpa	62.13	6.20	27.63	2.76	53.17	5.31
Tepotzotlán	59.32	5.92	28.46	2.84	47.31	4.72
Tequixquiac	60.84	6.07	37.86	3.78	58.92	5.88
Texcoco	61.18	6.11	33.79	3.37	50.42	5.03
Tezoyuca	60.91	6.08	47.47	4.74	51.61	5.15
Tlalmanalco	62.39	6.23	30.33	3.03	53.11	5.30
Tlalnepantla de Baz	56.85	5.67	22.12	2.21	43.25	4.32
Tonanitla	59.95	5.98	39.65	3.96	54.04	5.39
Tultepec	60.00	5.99	35.40	3.53	52.47	5.24
Tultitlán	59.50	5.94	32.65	3.26	50.02	4.99
Valle de Chalco Solidaridad	62.95	6.28	32.82	3.28	50.94	5.09
Villa del Carbón	60.38	6.03	29.74	2.97	48.72	4.86
Zumpango	60.71	6.06	48.91	4.88	55.10	5.50

Tabla 71. Factores de emisión para Tizayuca, Hgo. por temporada

Municipio	Fría		Lluvia		Seca	
	FE PM10 [g/KRV]	FE PM2.5 [g/KRV]	FE PM10 [g/KRV]	FE PM2.5 [g/KRV]	FE PM10 [g/KRV]	FE PM2.5 [g/KRV]
Tizayuca	68.28	6.82	51.08	5.10	68.16	6.80

Para determinar los KRV de tránsito escaso en vialidades sin pavimento se considera el porcentaje de vías con terracería de la Red Nacional de Caminos (INEGI, 2017).

Tabla 72. Porcentaje de terracería por alcaldía y municipios de la ZMVM

Entidad	Alcaldía/Municipio	% terracería	Entidad	Alcaldía/Municipio	% terracería
CDMX	Álvaro Obregón	7.00%	EDOMEX	Juchitepec	31.00%
	Cuajimalpa de Morelos	8.00%		La Paz	2.00%
	La Magdalena Contreras	21.00%		Melchor Ocampo	16.00%
	Milpa Alta	36.00%		Naucalpan de Juárez	12.00%
	Tláhuac	13.00%		Nextlalpan	24.00%
	Tlalpan	24.00%		Nicolás Romero	31.00%
	Xochimilco	20.00%		Nopaltepec	12.00%
EDOMEX	Acolman	18.00%	Otumba	45.00%	
	Amecameca	34.00%	Ozumba	14.00%	
	Apaxco	15.00%	San Martín de las Pirámides	25.00%	
	Atenco	19.00%	Tecámac	18.00%	
	Atizapán de Zaragoza	2.00%	Temamatla	32.00%	
	Atlautla	28.00%	Temascalapa	35.00%	
	Axapusco	37.00%	Tenango del Aire	42.00%	
	Ayapango	42.00%	Teoloyucan	11.00%	
	Chalco	23.00%	Teotihuacán	25.00%	
	Chiautla	9.00%	Tepetlaoxtoc	49.00%	
	Chicoloapan	20.00%	Tepetlixpa	13.00%	
	Chiconcuac	2.00%	Tepotztlán	31.00%	
	Chimalhuacán	1.00%	Tequixquiac	31.00%	
	Coacalco de Berriozábal	3.00%	Texcoco	20.00%	
	Cocotitlán	23.00%	Tezoyuca	11.00%	
	Coyotepec	16.00%	Tlalmanalco	36.00%	
	Cuautitlán	12.00%	Tlalnepantla de Baz	1.00%	
	Cuautitlán Izcalli	5.00%	Tonanitla	27.00%	
	Ecatzingo	13.00%	Tultepec	9.00%	
Huehuetoca	12.00%	Tultitlán	2.00%		
Hueypoxtla	29.00%	Valle de Chalco Solidaridad	9.00%		
Huixquilucan	8.00%	Villa del Carbón	56.00%		
Isidro Fabela	34.00%	Zumpango	25.00%		
Ixtapaluca	19.00%	Hidalgo	Tizayuca	12.00%	
Jilotzingo	26.00%				

Nota: solo se indican los municipios que tienen vialidades de terracería.

7.7. Asados al carbón



En esta categoría se cuantifican las emisiones generadas durante la cocción de alimentos usando carbón como combustible (asados). La metodología para la estimación de estas emisiones se describe a continuación. La ecuación general empleada para la estimación de emisiones por asados al carbón es la siguiente:

$$E_k = \frac{FE_{kj} * FA_j}{1000000}$$

Donde:

E_k = Emisión del contaminante k [t/año]

FE_{kj} = Factor de emisión del contaminante k para la carne j [g contaminante/ kg de consumo]

FA_j = Consumo de la carne j [kg/año]

1000000 = Factor de conversión de gramos a toneladas

En esta categoría el dato de actividad es el consumo de carbón empleado en los asados de carne. De acuerdo con los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) se consideró que la población consume carne asada una vez por mes, lo que implica un consumo *per cápita* de 15.5 kilogramos al año de carne de res y 33.1 kilogramos de pollo al año, este consumo de carne implica un consumo de carbón que se estimó como base en el estudio “Emisiones de los Aparatos de

cocina de los vendedores ambulantes (Asadores al Carbón)” (US. EPA, s.f.). En la Tabla 73 se reporta el consumo de carne (res y pollo) y de carbón por asados de carne.

Tabla 73. Consumo de carne y carbón en la ZMVM

Entidad	Consumo de carne asada (kg/año)		Carbón consumido (kg/año)	
	Res	Pollo	Res	Pollo
CDMX	4,607,396	9,839,019	2,559,664	4,288,327
EDOMEX	6,381,463	13,627,511	3,545,257	5,939,538
Tizayuca	66,328	141,643	36,849	61,735
ZMVM	11,055,187	23,608,173	6,141,770	10,289,600

Fuente: CONAPO (2018). Indicadores demográficos 1950 - 2050, y de las entidades federativas de 1970 a 2050. Consejo Nacional de Población (CONAPO) Consultado el 18 junio de 2019, de: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/proyecciones-de-la-poblacion-de-mexico-y-de-las-entidades-federativas-2016-2050> 2) Consejo Mexicano de la Carne (2018). Compendio Estadístico 2017. Consultado el 28 de noviembre de 2019 en: <http://comecarne.org/wp-content/uploads/2018/05/Compendio-estadistico-2017-v7-1-sin-elab.pdf>.

Los factores de emisión para asados al carbón se presentan en la Tabla 74.

Tabla 74. Factores de emisión para asados al carbón

Tipo de Carne	PM10 ¹	PM2.5 ³	SO ₂ ⁴	CO ³	NO _x ¹	COT ¹	COV ¹	NH ₃	Carbono Negro ³	CO ₂ ⁴	CH ₄ ⁴	N ₂ O ⁴
Res	8.42	5.57	0.35	37.17	3.91	1.11	1.11	N/A	0.30	N/A	N/A	N/A
Pollo	10.25	3.54	0.42	50.17	12.04	1.09	1.09	N/A	0.21	N/A	N/A	N/A
Carbón	1.77	0.73	0.07	42.47	9.17	0.30	0.30	N/A	0.12	112,000.00	200.00	1.00

Fuentes: 1) Suh Y. Lee - U.S. EPA (1999.) Emisiones de los Aparatos de cocina de los vendedores ambulantes (Asadores al carbón). Reporte final preparado por Suh Y. Lee para la U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Contrato de la EPA no. 68-D4-005. 2) ARB (2013). California Emission Inventory and Reporting System, speciation profiles used in ARB modeling Particulate Matter and Gas Speciation Profiles [Base de datos]. California Air Resources Board (ARB). Consultado en 2017, de: <https://www.arb.ca.gov/ei/speciate/speciate.htm#specprof>. 3) González J.J. (2016). Factores de emisión de CO y Carbono Negro emitidos por la quema de Carbón vegetal. Pág. 55-69 Tesis. Universidad Autónoma de México. 4) IPCC (2006). Directrices del IPCC 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 2, Energía, Capítulo 2 Combustión Estacionaria. Cuadro 2.4

8. Agricultura



8.1. Aplicación de plaguicidas

La metodología para estimar las emisiones por aplicación de plaguicidas está establecida en los *Manuales del programa de Inventarios de Emisiones en México* (Radian International, LLC., 1997). La ecuación para estimar las emisiones de COT y COV por uso de plaguicidas se describe a continuación:

$$\text{Emisiones} = (\text{Uso de plaguicida} * \%I.A * FE) + (\text{Uso de plaguicida} * \%I.I * \%V)$$

Donde:

Emisiones= Emisiones totales anuales de COT=COV del plaguicida

FE= Factor de emisión de ingredientes activos en el plaguicida

Uso plaguicida= Uso anual total del plaguicida (t/año)

% I.A. = Porcentaje de ingrediente(s) activo(s) presentes en el plaguicida

%I.I.= Porcentaje de ingrediente(s) inerte(s) presentes en el plaguicida= 1- % I.A.

%V= Contenido volátil de la fracción inerte del plaguicida

Tabla 75. Factores de emisión de ingredientes activos en plaguicidas

Tipo de aplicación	Intervalos	Intervalo de presión de vapor (mmHg a 20-25° C)	Factor de emisión (COT=COV) [t/t I.A.]
Aplicación superficial	de:	1.00E-06	0.35
	a:	1.00E-04	0.35
	mayor a	1.00E-04	0.58
	menor a	1.00E-06	0.0027
Incorporación al suelo	de:	1.00E-06	0.02
	a:	1.00E-04	0.02
	mayor a	1.00E-04	0.05

Fuente: Radian Internacional LLC (1997). Manuales de Inventario de Emisiones de México (Vol. 5, cap. 9)

Tabla 76. Información técnica de los plaguicidas

Nombre químico	%COV Inerte	Concentración Ingrediente Activo	
		g/L	g/kg
Furadan 350 l	15%	350.00	N/A
Gesaprim autosuspens	15%	N/A	900.00
Lannate 90	12%	N/A	900.000
Lorsban 480 em	56%	480.00	N/A

Fuente: Elaboración propia. Información de agroquímicos, Recopilación de fichas técnicas

El consumo de plaguicida se estimó con el dato de dosis de aplicación recomendada en las fichas técnicas de plaguicidas (SEDEMA, 2018) y con la superficie total sembrada por entidad (SIAP, 2018). El consumo de plaguicidas estimado se reporta en la Tabla 77.

Tabla 77. Cantidad de plaguicida aplicado por entidad y cultivo

Entidad	Producto	Cantidad de plaguicida aplicado [kg o L]						
		Maíz grano	Cebada grano	Avena forrajera en verde	Maíz forrajero en verde	Trigo grano	Frijol	Avena grano
CDMX	Furadan 350 l (g/kg)	8,937.50	N/A	N/A	500.00	N/A	N/A	N/A
	Gesaprim autosuspens (g/kg)	8,937.50	N/A	N/A	500.00	N/A	N/A	N/A
	Lannate 90 (g/l)	3,575.00	N/A	5,495.10	200.00	N/A	N/A	N/A
	Lorsban 480 em	2,681.25	N/A	N/A	150.00	N/A	130.81	N/A
EDOMEX	Furadan 350 l (g/kg)	185,806.55	N/A	N/A	30,550.68	13,291.20	N/A	N/A
	Gesaprim autosuspens (g/kg)	185,806.55	N/A	N/A	30,550.68	N/A	N/A	N/A
	Lannate 90 (g/l)	74,322.62	37,959.81	18,443.85	12,220.27	6,645.60	N/A	9,091.60
	Folimat (g/l)	232.50	N/A	N/A	1,681.25	42.00	N/A	N/A
Tizayuca	Furadan 350 l (g/kg)	232.50	N/A	N/A	1,681.25	N/A	N/A	N/A
	Hierbamina (g/kg)	93.00	1,000.50	725.00	672.50	21.00	N/A	N/A
	Lannate 90 (g/l)	69.75	N/A	N/A	504.38	21.00	21.00	N/A

8.2. Aplicación de fertilizantes

Las emisiones de amoníaco por uso de fertilizantes se estimaron a partir de la siguiente ecuación (Radian International LLC, 1997).

$$\text{Emisiones} = \text{Uso fertilizante} * \%N * FE * \frac{17}{14}$$

Donde:

Emisiones= Emisión anual total de NH₃ por tipo de fertilizante

Uso= Uso anual del fertilizante [t/año]

%N=Contenido de nitrógeno del fertilizante

FE=Porcentaje de Nitrógeno que se volatiliza (como NH₃)

17/14= Factor molar para expresar el nitrógeno como amoníaco

El consumo de fertilizante aplicado se determinó a partir de la superficie sembrada y la dosis promedio recomendada en fichas técnicas por tipo de cultivo. Los datos fueron obtenidos de hojas técnicas de diferentes proveedores. Se consideró que los cultivos son fertilizados una vez al año. La estimación de las emisiones de óxido nitroso (N₂O) se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones} = \text{Uso fertilizante} * \%N * FE * \frac{48}{28}$$

Donde:

Emisiones= Emisión anual total de N₂O por tipo de fertilizante

Uso= Uso anual del fertilizante [t/año]

%N= Contenido de nitrógeno del fertilizante

FE= Porcentaje de Nitrógeno que se volatiliza (como N₂O)

44/28= Factor molar para expresar el nitrógeno como óxido nitroso (N₂O)

En la Tabla 78, se presenta el contenido de nitrógeno de los fertilizantes y en la Tabla 79 la superficie fertilizada.

Tabla 78. Contenido de nitrógeno en fertilizante

Fertilizante	Contenido de nitrógeno (%)	Fertilizante	Contenido de nitrógeno (%)
Nitrato de amonio	36	Polifosfato de amonio líquido	10
Sulfato de amonio	22	Varios	8
Tiosulfato de amonio	12	Mezcla	12
Amoníaco anhidro	82	Fosfato Monoamónico	11
Amoníaco acuoso	21	Soluciones de nitrógeno	29
Nitrato amónico cálcico	17	Nitrato de potasio	14
Fosfato diamónico	18	Urea	46

Tabla 79. Superficie fertilizada [ha] por cultivo y entidad

Cultivo	Superficie Fertilizada [ha]		
	CDMX	EDOMEX	Tizayuca
Aguacate	N/A	267	N/A
Alfalfa verde	N/A	N/A	11
Amaranto	123	271.5	N/A
Avena forrajera	5,495.10	18,443.85	725
Avena grano	N/A	9,091.60	N/A
Brócoli	285.4	261.1	N/A
Cebada grano	N/A	37,959.81	1,000.50
Chícharo	N/A	88	N/A
Ebo (Janamargo o Veza)	195.5	N/A	N/A
Elote	901.73	N/A	N/A
Flores planta	155.6	331	N/A
Frijol	74.75	N/A	12
Haba verde	168.58	356.5	N/A
Lechuga	299.89	N/A	N/A
Maíz forrajero	200	12,220.27	672.5
Maíz grano	3,575.00	74,322.62	93
Nopalitos	2,682.00	N/A	N/A
Papa	610	393	N/A
Romerito	402.6	N/A	N/A
Tomate verde	N/A	154,006.25	N/A
Trigo grano	N/A	6,645.60	N/A
Verdolaga	173.7	N/A	N/A
Total	15,342.85	314,658.10	2,514.00

Fuente: SIAP (2018). Datos abiertos de Estadística de Producción Agrícola. Sistema de Información Agropecuaria (SIAP). Consulta 07 de agosto de 2019, en: http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_a.php

8.3. Quemadas agrícolas

Las emisiones de quemadas agrícolas se generan durante la preparación del suelo para la siembra y para el control de plagas. Las emisiones se estimaron por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones} = \text{Área afectada} * \text{carga de combustible} * \text{FE}$$

Donde:

Emisiones = Emisión anual total partículas [t/año]

Área afectada = Área quemada [ha/año]

Carga de combustible = Contenido de material combustible en el cultivo quemado [t/ha]

FE = Factor de emisión por tipo de cultivo [kg/t]

La superficie afectada por tipo de cultivo (SIAP, 2019), la carga de combustible y el factor de emisión se reportan en las Tablas 80 y 81 respectivamente. De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2018) en el municipio de Tizayuca no se presentaron quemadas en cultivos.

Tabla 80. Suelo agrícola afectado por tipo de cultivo

Alcaldía/Municipio	Avena	Maíz de grano	Frijol	Total	Municipio	Avena	Maíz de grano	Frijol	Total
Álvaro Obregón	0.02	0.14	0.01	0.17	Hueyoxotla	33	38	N/A	71
Cuajimalpa de Morelos	0.01	0.08	0.01	0.1	Ixtapaluca	15	7	N/A	22
La Magdalena Contreras	0.22	0.6	0.03	0.86	Nicolás Romero	17	26	N/A	43
Milpa Alta	3.63	4.55	0.1	8.29	Otumba	19	3	N/A	22
Tláhuac	0.13	1.49	0.05	1.67	Tecámac	11	24	N/A	35
Tlalpan	10.94	4.22	N/A	15.16	Tepotzotlán	11	33	N/A	43
Xochimilco	0.65	2.2	0.01	2.86	Tequixquiac	7	30	N/A	37
Total	15.61	13.29	0.21	29.12	Texcoco	39	23	N/A	62
Acolman	4	23	N/A	27	Tlalmanalco	2	21	N/A	23
Atenco	2	19	N/A	21	Villa del Carbón	2	65	N/A	67
Ayapango	2	31	N/A	33	Zumpango	17	68	N/A	86
Chicoloapan	6	5	N/A	11	Total	187	417	N/A	604

Tabla 81. Factor de emisión y carga de combustible por tipo de cultivo

Cultivo	PM10 [t/t]	PM2.5 [t/t]	NOx [t/t]	COV [t/t]	CO [t/t]	CH ₄	Carga de combustible [t/ha]
Aceituna	0.005	0.005	0.002	0.005	0.052	0.002	2.965
Aguacate	0.009	0.009	0.002	0.008	0.053	0.003	3.707
Albaricoque	0.003	0.003	0.002	0.002	0.022	0.001	4.448
Alfalfa	0.013	0.012	0.002	0.010	0.054	0.003	1.977
Almendra	0.003	0.003	0.003	0.002	0.024	0.001	2.471
Arroz	0.003	0.003	0.002	0.002	0.026	0.001	7.413
Avena	0.009	0.009	0.002	0.005	0.062	0.002	3.954
Cártamo	0.008	0.008	0.002	0.007	0.065	0.002	3.212
Cebada	0.006	0.006	0.002	0.007	0.083	0.002	4.201
Cereza	0.004	0.003	0.002	0.003	0.020	0.001	2.471
Ciruela pasa	0.001	0.001	0.002	0.002	0.021	0.001	2.965
Cítricos	0.003	0.003	0.002	0.003	0.037	0.001	2.471
Durazno	0.003	0.003	0.002	0.001	0.019	0.000	6.178
Frijol/guisante	0.006	0.006	0.002	0.006	0.067	0.002	6.178
Frutales	0.004	0.003	0.002	0.003	0.030	0.001	4.201
Higo	0.003	0.003	0.002	0.003	0.026	0.001	5.436
Maíz	0.005	0.005	0.001	0.003	0.032	0.001	10.378
Manzana	0.002	0.002	0.002	0.001	0.019	0.000	5.683
Nectarina	0.002	0.002	0.002	0.001	0.015	0.000	4.942
Nuez	0.002	0.002	0.002	0.002	0.030	0.001	2.965
Palmera datilera	0.004	0.004	0.002	0.002	0.025	0.001	2.471
Pera	0.004	0.004	0.002	0.002	0.026	0.001	6.425
Sorgo	0.008	0.008	0.002	0.002	0.035	0.001	7.166
Trigo	0.005	0.005	0.002	0.003	0.056	0.001	4.695
Uva	0.002	0.002	0.002	0.002	0.023	0.001	6.178

Fuente: Lloyd A. (2000). Memorandum. Air Resources Board. Consultado en 2018 de: https://www.arb.ca.gov/ei/see/memo_ag_emission_factors.pdf
 Nota: Los COV corresponden al 72% de los COT, las PM10 representan el 98.3% de las PM y las PM2.5 son el 94.8% de las PM10, (ARB, 2008).

Para esta categoría también se estimaron las emisiones de CH₄, esto se realizó con la siguiente relación (Radian internacional LLC, 1997):

$$\text{Relación } \frac{CH_4}{COT} = 23\% \text{ (Fracción que representa metano en los COT)}$$

8.4. Labranza agrícola



Las actividades agrícolas generan emisiones de partículas durante la etapa de preparación de suelo para la siembra (labranza) y cosecha. La ecuación para estimar dichas emisiones se muestra a continuación.

$$\text{Emisiones} = S * FE$$

Donde:

S=Superficie sembrada o cosechada [ha]

FE= Factor de emisión [t/ha]

Para esta categoría fue necesario estimar el factor de emisión para preparación del suelo y se realizó por medio de la siguiente ecuación (ARB, 2003):

$$FE = P * FS * 0.4535 * 2.471$$

Donde:

P = Pases de labranza por acre sembrado o cosechado [acre-pase/acre]

FS = Factor de pase por preparación de suelo [lb/acre-pase]

$1 lb = 0.4535 kg$

$1 ha = 2.471 acre$

En la Tabla 82 se muestran los factores de emisión por cultivo.

Tabla 82. Factores de emisión para labranza agrícola por tipo de cultivo

Tipo de cultivo	Factores de emisión PM10		Tipo de cultivo	Factores de emisión PM10	
	Prep Suelo [ton/ha]	Cosecha [ton/ha]		Prep Suelo [ton/ha]	Cosecha [ton/ha]
Aguacates (todos)	7.00E-05	6.10E-06	Heno (otro)	4.50E-03	2.70E-03
Ajo (todos)	7.30E-03	7.90E-03	Heno de Sudán	4.50E-03	0.00E+00
Albaricque (todos)	8.00E-05	5.40E-06	Heno verde	4.50E-03	0.00E+00
Alfalfa	4.50E-03	0.00E+00	Higo seco	8.10E-05	1.40E-04
Algodón	1.00E-02	2.30E-02	Huerto de biomasa	0.00E+00	0.00E+00
Algodón de altura	1.00E-02	2.30E-02	Kiwi	8.20E-05	5.40E-06
Algodón sin especificar	1.00E-02	2.30E-02	Lechuga orejona	1.30E-02	4.20E-04
Almendras (todos)	3.50E-03	1.10E-02	Lechuga para productos salados	1.30E-02	4.20E-04
Arroz	2.20E-02	1.10E-02	Lechuga romana	1.30E-02	4.20E-04
Avena forrajera	4.20E-03	7.80E-03	Limonos (todos)	8.20E-05	6.00E-06
Avena grano	4.10E-03	7.80E-03	Maíz grano	7.70E-03	7.90E-03
Berenjenas (total)	9.60E-03	5.20E-04	Mandarinas	7.70E-05	5.40E-06
Betabel	2.60E-02	9.90E-03	Manzanas (todos)	8.10E-05	5.40E-06
Brócoli (sin especificar)	9.50E-03	4.70E-04	Melocotón (sin especificar)	8.10E-05	6.00E-06
Brócoli fresco	9.50E-03	5.20E-04	Melocotón de hueso	8.10E-05	5.40E-06
Brócoli para proceso	9.60E-03	4.70E-04	Melocotón sin hueso	8.10E-05	5.40E-06
Calabacita	6.40E-03	6.10E-04	Melón	6.40E-03	2.90E-04
Calabaza	6.40E-03	6.10E-04	Melón dulce	6.40E-03	3.20E-04
Camote	2.60E-02	9.80E-03	Melones (sin especificar)	6.40E-03	2.90E-04
Campos de cultivo (sin especificar)	7.70E-03	8.00E-04	Melón-sandía	6.40E-03	2.90E-04
Campos de cultivo con semilla	7.70E-03	8.00E-04	Membrillo	1.10E-04	6.20E-06
Cártamo	5.10E-03	1.40E-02	Naranja (sin especificar)	8.20E-05	5.40E-06
Cebada (no especificado)	4.10E-03	7.80E-03	Naranja navel	8.10E-05	5.40E-06
Cebolla	7.30E-03	7.90E-03	Naranja valencia	8.10E-05	5.40E-06
Cereza dulce	8.00E-05	5.40E-06	Nectarina	8.10E-05	5.40E-06
Césped de vivero	0.00E+00	0.00E+00	Nogal inglés	3.50E-03	1.10E-02
Ciruela	8.10E-05	5.40E-06	Nuez	3.50E-03	1.10E-03
Ciruela seca	8.00E-05	5.40E-06	Olivo	8.10E-05	5.40E-06
Cítricos (sin especificar)	7.40E-05	5.40E-06	Otras semillas (no flores)	4.50E-03	2.80E-04
Coliflor (sin especificar)	9.50E-03	5.20E-04	Paja	0.00E+00	0.00E+00
Coliflor fresca	9.60E-03	6.40E-04	Papa de siembra	2.60E-02	9.80E-03
Cosecha de maíz (con máquina)	7.70E-03	8.00E-04	Papa irlandesa	2.60E-02	9.90E-03
Cítricos para prod. Misc.	0.00E+00	0.00E+00	Pastos forrajeros	0.00E+00	0.00E+00
Elote (todos)	7.70E-03	3.80E-04	Pastos irrigados	0.00E+00	0.00E+00
Espárragos (todos)	6.40E-03	6.10E-03	Pepino	9.50E-03	4.70E-04
Espiga	8.90E-05	5.40E-06	Pera (sin especificar)	8.50E-05	5.40E-06
Espinaca (sin especificar)	1.30E-02	4.20E-04	Pimientos	1.10E-02	6.50E-04
Fresa	6.40E-03	2.90E-04	Pistache	3.50E-03	1.10E-03
Frijol lima	8.60E-03	9.80E-03	Plantación de semillas de algodón	1.00E-02	2.30E-02
Frijol lima (sin especificar)	8.60E-03	9.90E-03	Semillas de alfalfa	4.50E-03	0.00E+00
Frijol lima seco	8.60E-03	9.80E-03	Semillas de algodón	0.00E+00	0.00E+00
Frijol lima verde	8.60E-03	9.90E-03	Semillas de hortal. y cult. de vino	9.50E-03	9.90E-04
Frijol negro	8.60E-03	9.80E-03	Tipo jitomate	8.60E-05	5.40E-06
Frijol semilla	8.60E-03	9.80E-03	Tomate cereza	1.10E-02	9.70E-04
Frijol verde para proceso	8.60E-03	9.90E-04	Tomate fresco	1.10E-02	6.50E-04
Frijoles rojos	8.60E-03	9.90E-03	Tomate para proceso	1.10E-02	1.40E-03
Frijoles secos comestibles	8.60E-03	9.80E-03	Toronja	8.40E-05	5.40E-06

Tipo de cultivo	Factores de emisión PM10		Tipo de cultivo	Factores de emisión PM10	
	Prep Suelo [ton/ha]	Cosecha [ton/ha]		Prep Suelo [ton/ha]	Cosecha [ton/ha]
Frutas y nueces (sin especificar)	8.00E-05	5.40E-06	Trigo (todos)	4.10E-03	7.80E-03
Gama de pastos	0.00E+00	0.00E+00	Trigo semilla	4.10E-03	7.80E-03
Garbanzo	8.60E-03	9.80E-03	Uva pasa	2.90E-03	4.30E-04
Granadas	8.00E-05	6.00E-06	Uvas (sin especificar)	1.70E-03	1.90E-04
Grano de heno	4.50E-03	2.70E-03	Uvas mesa	9.30E-04	1.00E-04
Grano de sorgo	4.10E-03	7.80E-03	Uvas vino	1.70E-03	1.90E-04
Habas	8.60E-03	2.00E-02	Vegetales (sin especificar)	9.50E-03	9.90E-04
Habichuela	8.60E-03	9.90E-04	Vegetales orientales (todos)	9.60E-03	5.20E-04

Fuente: ARB (2003). Detailed documentation for fugitive dust and ammonia emissions inventory changes for the SJV APCD particulate matter SIP. Consultado en agosto de 2019 de: <http://citeserx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.362.7505&rep=rep1&type=pdf>

Para determinar los factores de emisión de PM2.5 y carbono negro se utilizaron las bases de datos del *Speciation Used in ARB Modeling* (CEIDAR, 2018). Para PM2.5 se determinó una fracción de 22.22% respecto de las emisiones de PM10. Asimismo, para carbono negro la fracción correspondiente es de 0.77% respecto de las emisiones de PM2.5.

El dato de actividad para la estimación de emisiones de esta categoría se tomó de la base de datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2018) y se reportan en la Tabla 83.

Tabla 83. Superficie sembrada y cosechada [ha]

Cultivo	CDMX		EDOMEX		Tizayuca	
	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada
Aceituna	6.00	1.00	N/A	N/A	N/A	N/A
Acelga	47.40	47.40	47.50	47.50	N/A	N/A
Agapando (gruesa)	N/A	N/A	5.10	5.10	N/A	N/A
Aguacate	N/A	N/A	267.00	257.00	N/A	N/A
Alcachofa	N/A	N/A	33.00	33.00	N/A	N/A
Alfalfa verde	10.00	10.00	6,214.50	6,214.50	11.00	11.00
Alhelí (gruesa)	5.20	5.20	N/A	N/A	N/A	N/A
Alhelí (manejo)	N/A	N/A	22.00	22.00	N/A	N/A
Amaranto	123.00	123.00	271.50	271.50	N/A	N/A
Apio	32.00	32.00	N/A	N/A	N/A	N/A
Arándano	N/A	N/A	3.00	3.00	N/A	N/A
Árbol de navidad (planta)	54.50	13.00	449.00	302.00	N/A	N/A
Aretillo (planta)	3.30	3.30	N/A	N/A	N/A	N/A
Arvejón	N/A	N/A	5.00	5.00	N/A	N/A
Avena forrajera en verde	5,495.10	5,495.10	18,443.85	18,443.85	725.00	725.00
Avena grano	N/A	N/A	9,091.60	9,091.60	N/A	N/A
Begonia (planta)	4.90	4.90	N/A	N/A	N/A	N/A
Belén (planta)	5.70	5.70	N/A	N/A	N/A	N/A
Betabel	1.00	1.00	2.70	2.70	N/A	N/A
Brócoli	285.40	285.40	261.10	261.10	N/A	N/A
Calabacita	86.25	86.25	408.31	408.31	N/A	N/A
Calabaza	0.95	0.95	7.00	7.00	N/A	N/A
Calancoe (planta)	8.50	8.50	N/A	N/A	N/A	N/A
Canola	N/A	N/A	49.00	49.00	N/A	N/A
Capulín	17.18	16.28	12.00	12.00	N/A	N/A
Cebada grano	N/A	N/A	37,959.81	37,959.81	1,000.50	1,000.50
Cebolla	N/A	N/A	49.80	49.80	N/A	N/A
Chabacano	13.99	13.99	N/A	N/A	N/A	N/A
Chícharo	12.50	12.50	88.00	88.00	N/A	N/A
Chilacayote	4.00	4.00	33.00	33.00	N/A	N/A
Chile verde	3.50	3.50	N/A	N/A	N/A	N/A
Cilantro	32.80	32.80	38.35	38.35	N/A	N/A
Cineraria (planta)	9.60	9.60	N/A	N/A	N/A	N/A
Cirueta	51.55	49.45	23.60	23.60	N/A	N/A
Col (repollo)	1.80	1.80	52.89	52.89	N/A	N/A
Coliflor	3.10	3.10	10.10	10.10	N/A	N/A
Crisantemo (planta)	3.00	3.00	15.05	15.05	N/A	N/A

Cultivo	CDMX		EDOMEX		Tizayuca	
	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada
Cyclamen (planta)	10.20	10.20	N/A	N/A	N/A	N/A
Durazno	39.07	37.07	58.10	58.10	N/A	N/A
Ebo (janamargo o veza)	195.50	195.50	435.00	435.00	N/A	N/A
Elote	901.73	901.73	N/A	N/A	N/A	N/A
Epazote	N/A	N/A	27.00	27.00	N/A	N/A
Espárrago	N/A	N/A	20.00	20.00	N/A	N/A
Espinaca	105.50	105.50	32.00	32.00	N/A	N/A
Frambuesa	2.71	2.71	1.00	1.00	N/A	N/A
Frijol	74.75	74.75	1,217.20	1,217.20	12.00	12.00
Geranio (planta)	29.90	29.90	N/A	N/A	N/A	N/A
Girasol	N/A	N/A	325.00	325.00	N/A	N/A
Girasol flor (gruesa)	N/A	N/A	16.00	16.00	N/A	N/A
Haba grano	N/A	N/A	247.00	247.00	N/A	N/A
Haba verde	168.58	168.58	356.50	356.50	N/A	N/A
Higo	18.25	18.25	N/A	N/A	N/A	N/A
Hongos, setas y champiñones	0.89	0.89	N/A	N/A	N/A	N/A
Inmortal (manejo)	N/A	N/A	17.50	17.50	N/A	N/A
Lechuga	299.89	299.89	473.00	473.00	N/A	N/A
Lilium (planta)	7.40	7.40	15.05	15.05	N/A	N/A
Limón	N/A	N/A	12.00	12.00	N/A	N/A
Magüey pulquero (miles de lts.)	N/A	N/A	1,135.21	135.51	N/A	N/A
Maíz forrajero en verde	200.00	200.00	12,220.27	12,220.27	672.50	672.50
Maíz grano	3,575.00	3,575.00	74,322.62	74,177.62	93.00	93.00
Manzana	129.58	125.18	11.10	11.10	N/A	N/A
Manzanilla	N/A	N/A	742.00	742.00	N/A	N/A
Margarita (manejo)	N/A	N/A	8.00	8.00	N/A	N/A
Mejorana	N/A	N/A	24.50	24.50	N/A	N/A
Membrillo	4.37	4.37	5.00	5.00	N/A	N/A
Nabo forrajero	N/A	N/A	10.00	10.00	N/A	N/A
Noche buena (planta)	30.50	30.50	6.00	6.00	N/A	N/A
Nopalitos	2,682.00	2,681.00	660.40	660.40	N/A	N/A
Nube (manejo)	5.35	5.35	19.00	19.00	N/A	N/A
Nuez	3.00	3.00	40.00	40.00	N/A	N/A
Orégano	N/A	N/A	10.50	10.50	N/A	N/A
Papa	610.00	610.00	393.00	393.00	N/A	N/A
Pastos y praderas	63.00	63.00	280.50	280.50	N/A	N/A
Pensamiento (planta)	6.20	6.20	N/A	N/A	N/A	N/A
Pepino	N/A	N/A	223.00	223.00	N/A	N/A
Pera	63.24	59.74	20.00	20.00	N/A	N/A
Perejil	N/A	N/A	2.00	2.00	N/A	N/A
Petunia (planta)	12.50	12.50	N/A	N/A	N/A	N/A
PonN/Apon (gruesa)	N/A	N/A	5.51	5.51	N/A	N/A
Poró	N/A	N/A	1.50	1.50	N/A	N/A
Rabanito	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Rábano	19.00	19.00	4.70	4.70	N/A	N/A
Remolacha forrajera	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Romerito	402.60	402.60	180.00	180.00	N/A	N/A
Romero	N/A	N/A	32.50	32.50	N/A	N/A
Rosa (gruesa)	2.60	2.10	5.00	5.00	N/A	N/A
Rosa (planta)	12.30	12.30	N/A	N/A	N/A	N/A
Semilla de trigo grano	N/A	N/A	0.60	0.60	N/A	N/A
Sorgo forrajero en verde	N/A	N/A	10.00	10.00	N/A	N/A
Statice (manejo)	N/A	N/A	15.00	15.00	N/A	N/A
Tejocote	10.40	10.20	7.00	7.00	N/A	N/A
Tomate rojo (jitomate)	1.60	1.60	528.04	528.04	N/A	N/A
Tomate verde	18.95	18.95	931.17	931.17	N/A	N/A
Trigo grano	N/A	N/A	6,645.60	6,645.60	21.00	21.00
Triticale grano	N/A	N/A	8,509.00	8,509.00	N/A	N/A
Tulipán holandés (planta)	2.40	2.40	N/A	N/A	N/A	N/A
Tuna	N/A	N/A	15,969.60	15,969.60	1.00	N/A
Verdolaga	173.70	173.70	40.00	40.00	N/A	N/A
Zanahoria	98.00	98.00	6.50	6.50	N/A	N/A
Zarzamora	4.69	4.69	6.50	6.50	N/A	N/A
Zempoalxochitl (manejo)	29.00	29.00	72.50	72.50	N/A	N/A

Cultivo	CDMX		EDOMEX		Tizayuca	
	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada	Sup. Sembrada	Sup. Cosechada
Zempoalxochitl (planta)	10.10	10.10	N/A	N/A	N/A	N/A
Total	16,346.67	16,285.57	200,219.93	198,918.23	2,536.00	2,535.00

Fuente: SIAP (2018). Estadística de la producción Agrícola de 2018. Sistema de Información Agropecuaria (SIAP). Consultado en agosto 2019, de http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_a.php

8.5. Maquinaria agrícola

Debido a que no se cuenta con un padrón de maquinaria agrícola en la ZMVM, para el cálculo de la flota 2018 se utilizó la proyección de la flota al año base 2018 del estudio Estimación de Emisiones de Fuentes Móviles que no Circulan por Carretera: Maquinaria Agrícola y para Construcción (SEMARNAT, 2013), misma que se muestra en la Tabla 84.

Tabla 84. Tipo y número de equipos de maquinaria agrícola

Maquinaria	Rango HP	Número de equipos			
		CDMX	EDOMEX	Tizayuca	ZMVM
Motocultores	6	1	27	1	29
	11	3	112	5	120
	25	7	233	10	250
	40	18	626	26	670
	50	10	358	15	383
Tractores	75	16	566	23	605
	100	14	499	21	534
	175	25	830	34	889
	300	21	717	30	768
	600	11	371	15	397
Cosechadores	100	1	17	1	19
	175	5	154	6	165
	300	5	184	8	197
Empacadoras	600	N/A	9	N/A	9
	75	N/A	1	N/A	1
	100	N/A	1	N/A	1
	175	N/A	2	N/A	2
	300	N/A	2	N/A	2
	600	N/A	1	N/A	1
Total		137	4,710	195	5,042

Los factores de emisión por maquinaria se presentan en la Tabla 85; y la distribución por potencia, año modelo y nivel de actividad en la Tabla 86.

Tabla 85. Factores de emisión para maquinaria agrícola [g/h]

SCC	Equipo	Rango	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	CO ₂
2270005010	Motocultor	3 < HP <= 6	1.92	1.86	0.01	19.20	15.96	2.40	2.37	2,103.30
2270005010	Motocultor	6 < HP <= 11	2.67	2.59	0.01	26.66	22.16	3.34	3.29	2,921.13
2270005055	Empacadora	6 < HP <= 11	3.98	3.87	0.02	36.58	31.08	4.98	4.90	3,678.54
2270005015	Tractores agrícolas	11 < HP <= 16	3.97	3.85	0.03	30.08	43.33	5.47	5.39	5,611.58
2270005055	Empacadora	11 < HP <= 16	4.00	3.88	0.02	30.27	40.54	5.61	5.52	5,041.42
2270005015	Tractores agrícolas	16 < HP <= 25	5.20	5.04	0.03	39.43	56.80	7.18	7.06	7,354.68
2270005055	Empacadora	16 < HP <= 25	5.81	5.63	0.03	43.93	58.84	8.14	8.01	7,316.72
2270005015	Tractores agrícolas	25 < HP <= 40	7.80	7.57	0.05	43.83	90.59	7.34	7.22	11,402.65
2270005055	Empacadora	25 < HP <= 40	8.64	8.38	0.05	50.12	90.97	8.82	8.67	11,257.68
2270005015	Tractores agrícolas	40 < HP <= 50	11.14	10.81	0.07	62.60	129.39	10.48	10.31	16,286.00
2270005055	Empacadora	40 < HP <= 50	12.12	11.76	0.07	70.34	127.66	12.37	12.17	15,798.65
2270005015	Tractores agrícolas	50 < HP <= 75	20.95	20.32	0.10	141.17	174.58	20.15	19.83	21,811.71
2270005055	Empacadora	50 < HP <= 75	25.53	24.76	0.10	155.23	190.68	24.81	24.42	21,959.91
2270005015	Tractores agrícolas	75 < HP <= 100	31.62	30.67	0.13	204.47	238.71	27.91	27.47	30,216.65
2270005020	Cosechadora	75 < HP <= 100	39.31	38.13	0.14	218.59	294.61	36.00	35.43	31,902.43
2270005055	Empacadora	75 < HP <= 100	36.74	35.64	0.13	217.90	256.02	33.65	33.11	29,781.32
2270005015	Tractores agrícolas	100 < HP <= 175	29.06	28.19	0.19	144.00	348.34	30.92	30.42	42,224.76
2270005020	Cosechadora	100 < HP <= 175	41.25	40.01	0.20	187.60	460.39	41.13	40.47	44,792.11
2270005055	Empacadora	100 < HP <= 175	36.91	35.81	0.19	184.55	400.81	39.61	38.98	42,801.13

SCC	Equipo	Rango	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	CO ₂
2270005015	Tractores agrícolas	175 < HP <= 300	40.38	39.17	0.32	205.56	577.94	48.60	47.82	74,764.51
2270005020	Cosechadora	175 < HP <= 300	59.88	58.09	0.32	268.86	720.87	62.24	61.25	73,141.02
2270005055	Empacadora	175 < HP <= 300	53.60	52.00	0.32	270.35	647.18	61.87	60.88	72,793.69
2270005015	Tractores agrícolas	300 < HP <= 600	108.85	105.59	0.57	661.41	1,296.67	115.88	114.04	131,167.51
2270005020	Cosechadora	300 < HP <= 600	79.99	77.59	0.48	443.34	1,076.72	80.40	79.12	109,290.17
2270005055	Empacadora	300 < HP <= 600	102.84	99.76	0.52	586.68	1,169.29	110.09	108.35	118,483.54
2270005015	Tractores agrícolas	600 < HP <= 750	169.19	164.11	0.87	1,130.09	1,980.71	171.77	169.04	200,621.41

Fuente: U. S. EPA (2008). Model Nonroad 2008a. Environmental Protection Agency (U.S. EPA).

Tabla 86. Actividad diaria y anual por tipo de maquinaria

SCC	Maquinaria	Horas trabajadas/día		Horas de Operación/año		Total
		Entre semana	Fin de semana	Entre semana	Fin de semana	
2270005010	Motocultor	0.03	0.03	8.00	3.00	11.00
2270005015	Tractores agrícolas	1.63	1.30	425.00	135.00	561.00
2270005020	Cosechadora	0.70	0.56	183.00	58.00	241.00
2270005025	Empacadoras	1.18	0.95	308.00	99.00	407.00

Fuente: SEMARNAT-CONACYT (2018). Caracterización de la Actividad Anual y las emisiones de Fuentes Móviles fuera de Carretera utilizadas en el Agro y en la Construcción en México. Informe Etapa 2 -Final. Proyecto SEMARNAT-2016-01-278705.

9. Ganadería

9.1. Corrales de engorda



Las emisiones de partículas generadas por el ganado bovino en corrales se estimaron con la siguiente ecuación (Radian International LLC, 1997):

$$E = \left(\frac{P}{1000} * FE * D \right) * 1000$$

Donde:

E =Emisión del contaminante [t/año]

$P/1000$ =1000 cabezas ganado bovino/día (sólo ganado en corrales)

FE = Factor de emisión contaminante [kg/1000 cabeza/día]

D = Número de días de engorda (120 días), valor por defecto

1000 =conversión de kg a toneladas

Los factores de emisión (Tabla 87) y la población ganadera (Tabla 88) que se encuentra en corrales se muestran a continuación.

Tabla 87. Factores de emisión de partículas en corrales de engorda

Tipo de ganado	kg Contaminante/1000 cabeza-día	Contaminante
	8.60	PM10
Vacuno cárnico	1.00	PM2.5*
	0.10	CN*

Fuente: SEMARNAT-INE (2006). Inventario Nacional de Emisiones 1999. Apéndice C, datos adicionales de Fuentes de área, Corrales de engorda y ganado vacuno, pág. 270. ARB (2008). California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS)-Size fractions and reference documentation, perfil 423.

Para obtener el número de cabezas de ganado para engorda se proyectó con los datos 2016 y el PIB para el sector 11 Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza por entidad federativa.

Tabla 88. Población de ganado bovino en corrales de la ZMM

Alcaldía/Municipio	Cabezas	Alcaldía/Municipio	Cabezas	Alcaldía/Municipio	Cabezas
Álvaro Obregón	18	Chiautla	413	Nopaltepec	3,631
Azcapotzalco	N/A	Chicoloapan	442	Otumba	4,593
Benito Juárez	N/A	Chiconcuac	380	Ozumba	511
Coyoacán	N/A	Chimalhuacán	223	Papalotla	461
Cuajimalpa de Morelos	28	Coacalco de Berriozábal	131	San Martín de las Pirámides	3,653

Alcaldía/Municipio	Cabezas	Alcaldía/Municipio	Cabezas	Alcaldía/Municipio	Cabezas
Cuahtémoc	N/A	Cocotitlán	447	Tecámac	2,133
Gustavo A. Madero	N/A	Coyotepec	203	Temamatla	428
Iztacalco	N/A	Cuautitlán	3,597	Temascalapa	3,305
Iztapalapa	17	Cuautitlán Izcalli	773	Tenango del Aire	5,602
La Magdalena Contreras	62	Ecatepec de Morelos	229	Teoloyucan	4,887
Miguel Hidalgo	N/A	Ecatzingo	146	Teotihuacán	4,649
Milpa Alta	533	Huehuetoca	1,575	Tepetlaotoc	15,413
Tláhuac	49	Hueyoxtla	2,929	Tepetlixpa	1,029
Tlalpan	883	Huixquilucan	570	Tepotzotlán	2,558
Venustiano Carranza	N/A	Isidro Fabela	2,616	Tequixquiac	5,034
Xochimilco	212	Ixtapaluca	2,044	Texcoco	10,779
Acolman	2,608	Jaltenco	1,617	Tezoyuca	200
Amecameca	3,995	Jilotzingo	2,048	Tlalmanalco	419
Apaxco	4,173	Juchitepec	2,443	Tlalnepantla de Baz	N/A
Atenco	1,020	La Paz	1,032	Tonanitla	256
Atizapán de Zaragoza	1,574	Melchor Ocampo	2,586	Tultepec	214
Atlautla	1,534	Naucalpan de Juárez	N/A	Tultitlán	238
Axapusco	3,131	Nextlalpan	2,121	Valle de Chalco Solidaridad	16
Ayapango	978	Nezahualcóyotl	618	Villa del Carbón	6,341
Chalco	6,664	Nicolás Romero	3,637	Zumpango	2,772

9.2. Emisiones ganaderas de amoniaco

Las emisiones de amoniaco se generan por las excretas del ganado bovino y se estimaron mediante el uso de factores de emisión por tipo de ganado (Tabla 89) con la siguiente ecuación (Radian International LLC, 1997):

$$E = \frac{P * FE}{1000}$$

Donde:

E =Emisión del contaminante [t/año]

P =Cabezas de ganado existentes

FE =Factor de emisión contaminante [kg NH₃/cabeza-año]

1000=Conversión de kg a toneladas

Tabla 89. Factores de emisión de amoniaco por tipo de ganado

Animal	kg NH ₃ /cabeza-año
Ganado lechero ¹	21.30
Vacuno de engorda ¹	4.37
Conejo ¹	2.80
Ovejas ¹	3.37
Cabras ¹	6.39
Cerdos ¹	4.05
Equinos ¹	12.20
Patos ²	0.12
Pavos ¹	0.68
Pollos ¹	0.19
Mulas y Asnos ³	6.73

Fuentes: 1) SEMARNAT-INE (1999). Inventario Nacional de emisiones 1999. Apéndice C. Datos adicionales de Fuentes de área, Corrales de engorda y ganado vacuno, pág. 270; 2) Radian Internacional LLC (1997). Manuales de Inventario de Emisiones de México (Vol. 5, cap. 9). 3) SEDEMA (2017). Elaboración propia.

La población ganadera por especie se muestra en la Tabla 90.

Tabla 90. Población ganadera en la ZMVM

Tipo de ganado	CDMX	EDOMEX	Tizayuca	ZMVM
Carne	1,802	137,619	N/A	139,421
Lechero	3,848	68,012	N/A	71,860
Bovinos				
Doble propósito	N/A	341	N/A	341
Sementales	85	1,009	N/A	1,094
Animales de trabajo	N/A	49	N/A	49

Tipo de ganado	CDMX	EDOMEX	Tizayuca	ZMMV
En engorda	81	566	959	1,606
Porcinos	17,010	189,385	1,279	207,674
Ovinos	24,155	432,750	8,886	465,791
Caprinos	699	20,980	1,131	22,810
Conejos	4,095	81,786	N/A	85,881
Equinos	661	14,214	N/A	14,875
Mulas	355	1,564	N/A	1,919
Asnos	130	4,743	N/A	4,873
Pollo de engorda	N/A	N/A	781,938	781,938
Gallos/gallinas	9,179	355,786	N/A	364,965
Pollos	6,560	5,225,090	N/A	5,231,650
Pavos	274	171,936	N/A	172,210
Patos	63	133	N/A	196
Total	68,997	6,705,963	794,193	7,569,153

Fuente: Proyección con datos de Población Ganadera (2016). Proporcionada por la Dirección de Análisis Estratégico del SI y PIB 2018 del sector primario.

9.3. Fermentación entérica

Las emisiones por fermentación entérica se estiman por medio de la siguiente ecuación:

$$E_{CH_4} = \#Cabezas_{Tipo} * FE_{CH_4,Tipo}$$

Donde:

E_{CH_4} = Emisión de metano (CH₄), [tCH₄ /año]

$\#Cabezas_{Tipo}$ = Número de cabezas por tipo de ganado (los reportados en la tabla anterior)

$FE_{CH_4, Tipo}$ = Factor de emisión de metano por tipo de ganado (CH₄)

Tabla 91. Factores de emisión de metano por tipo de ganado

Ganado	kg CH ₄ /1000 cabezas-año
Ganado lechero ¹	104.35
Vacuno de engorda ¹	47.41
Ovejas ²	5.00
Cabras ²	5.00
Cerdos ²	1.00
Equinos ²	18.00
Mulas y asnos ²	10.00

Fuentes: 1) Ordóñez J.A. y Hernández T.T (2005) Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2005. Parte 4; sector Agricultura. Instituto Nacional de Ecología, México, D.F. 118pp. 2) IPCC (2006). Directrices del IPCC para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero Vol. 4. Cap. 10. Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol. Consultado en 2017, de: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf

9.4. Manejo de estiércol

El manejo de estiércol genera emisiones de óxido nitroso y metano, la metodología que se realizó para la estimación de estas emisiones se describe a continuación.

9.4.1. Emisiones de óxido nitroso

Las emisiones por manejo de excretas de la población ganadera se estimaron con base en la metodología del IPCC, 2006, volumen 4, capítulo 10. Las ecuaciones empleadas se muestran a continuación.

$$N_2O_{directo} = \sum_s [(N_T * Nex_T * MS_{T,S}) * EF_{3(S)}] * \left(\frac{44}{28}\right)$$

Donde:

$N_2O_{directo}$ = emisiones directas de N₂O de la gestión del estiércol del país, [kg N₂O/año]

N_T = cantidad de cabezas de la especie/categoría (datos de la Tabla 90)

$MS_{T,S}$ = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión

$EF3(S)$ = factor de emisión para emisiones directas de N_2O del sistema de gestión del estiércol S, [kg N_2O -N/kg N]

S = sistema de gestión del estiércol

T = especie/categoría de ganado

44/28 = conversión de emisiones de (N_2O -N) a emisiones de N_2O

Nex_T = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T [kg N animal/año]

El promedio anual de excreción se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$Nex_T = Níndice_T * \frac{TAM}{1000} * 365$$

Donde:

Nex_T = excreción anual de N para la categoría de ganado T, kg/ N animal-año

$Níndice_T$ = tasa de excreción de N por defecto, kg N/ (1000 kg masa animal)-día

TAM = masa animal típica para la categoría de ganado T, kg/animal

La Tabla 92 muestra los parámetros para obtener el promedio anual de excreción y su valor obtenido, así como la Tabla 93 muestra el factor de emisión de N_2O para cada especie.

Tabla 92. Parámetros para obtener el promedio anual de excreción de N por cabeza

Animal	Nex	Animal	Nex
Ganado lechero	70.08	Conejos	4.73
Ganado no lechero	40.08	Gallinas	0.66
Cerdo (crianza)	5.62	Pollitos	N/A
Borregos	16.33	De engorda	0.36
Cabra	17.13	Pavos	1.84
Caballos	51.63	Patos	0.82
Mulas y asnos	21.83		

Fuente: Elaborada con datos de: IPCC (2006). Guidelines for National Emission Inventories (vol. 4. Agriculture, Forestry, and other land use in Guidelines for national greenhouse gas inventories). Consultado en 2017 de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf.

Tabla 93. Factor de emisión de N_2O para cada especie

Animal	Manejo de estiércol [Kg de N_2O /Número de cabezas - año]				Total
	Sistema de tipo líquido	Almacenamiento sólido	Parcelas secas	Otros sistemas	
Ganado lechero	N/A	N/A	N/A	0.0055	0.0055
Ganado no lechero	0.0031	0.0031	N/A	N/A	0.0063
Cerdo (crianza)	0.0035	0.0044	0.0724	0.0177	0.0980
Cabra	N/A	N/A	N/A	0.0013	0.0013
Caballos	N/A	N/A	N/A	0.0041	0.0041
Mulas y asnos	N/A	N/A	N/A	0.0017	0.0017
Conejos	N/A	N/A	N/A	0.0004	0.0004
Gallinas	0.0005	N/A	N/A	0.0025	0.0030
Pollos	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
De engorda	0.0003	N/A	N/A	0.0014	0.0016
Pavos	0.0013	N/A	N/A	0.0071	0.0084
Patos	0.0006	N/A	N/A	0.0031	0.0037

Fuente: IPCC (2006). Directrices IPCC 2006 para inventarios de gases de efecto invernadero. Volume 4. Agricultura, Forestal, y otros usos del suelo, tablas 10A-4 to 10A-9.

9.4.2. Emisiones de metano

Las emisiones de metano se estimaron por medio de la siguiente ecuación:

$$E_{CH_4} = \#Cabezas_{TIPO} * FE_{CH_4TIPO}$$

Donde:

E_{CH_4} = Emisión de metano (CH₄), [tCH₄ /año]

FE_{CH_4} = Factor de emisión de metano (CH₄)

Cabezas_{TIPO} = Número de cabezas por tipo de ganado

Tabla 94. Factores de emisión de metano por tipo de ganado

Animal	kg CH ₄ /cabeza-año
Ave ¹	0.016
Caprino ¹	0.149
Guajolote ¹	0.016
Bovino leche ²	0.790
Bovino carne ²	1.070
Ovino ¹	0.139
Porcino ¹	0.694
Caballos ¹	1.803
Mulas y asnos ¹	0.986
Conejos ³	0.080

Fuentes: 1) INECC (2006) INE-Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (2006), consultado de www2.inecc.gob.mx/climatico/inventarios/index.php. 2). E. González Avalos & L.G. Ruiz Suárez (2006). Methane conversion factors from cattle manure in Mexico. 3). IPCC (2006). Volume 4. Agriculture, Forestry, and other land use in Guidelines for national greenhouse gas inventories.

10. Actividades de la construcción

Durante el desarrollo de una construcción se generan emisiones por las diferentes actividades realizadas, entre estas actividades se encuentran las siguientes: uso de maquinaria, el manejo de materiales y el movimiento de tierra. A continuación, se describe la metodología empleada para la estimación de emisiones por actividades de la construcción.

10.1. Uso de maquinaria

Actualmente, en la ZMVM no se cuenta con un padrón de maquinaria de construcción, por lo cual, se han realizado esfuerzos para reducir la incertidumbre asociada a la estimación de la flota, así como de sus emisiones. Para el inventario, se realizó la proyección de la flota al año base 2018 del estudio Estimación de Emisiones de Fuentes Móviles que no Circulan por Carretera: Maquinaria Agrícola y para Construcción (SEMARNAT, 2013). En la Tabla 95 se presenta la flota; para la distribución por potencia, año modelo y nivel de actividad se consideraron las fracciones de dicho estudio. Las emisiones se estimaron con la siguiente fórmula:

$$E = FE * DA$$

Donde:

E = Emisión contaminante

FE = Factor de emisión [g/h]

DA = Dato de Actividad (Horas de trabajo por el número de maquinaria) [h/año]



Tabla 95. Maquinaria de construcción

Maquinaria	Potencia máxima (HP)	Maquinaria por entidad			Total
		CDMX	EDOMEX	Tizayuca	
Compactadora	6	133	67	N/A	206
Plataformas de perforación / perforación	100	2	1	N/A	103
Plataformas de perforación / perforación	175	4	2	N/A	181
Plataformas de perforación / perforación	300	4	1	N/A	305
Plataformas de perforación / perforación	40	1	1	N/A	42
Plataformas de perforación / perforación	50	1	1	N/A	52
Plataformas de perforación / perforación	600	2	1	N/A	603
Plataformas de perforación / perforación	75	2	1	N/A	78
Camiones fuera de carretera	600	1	N/A	N/A	601
Cargadores de neumáticos de goma	100	21	11	N/A	132
Cargadores de neumáticos de goma	1,000	1	1	N/A	1,002
Cargadores de neumáticos de goma	175	54	27	1	257
Cargadores de neumáticos de goma	2,000	2	1	N/A	2,003

Maquinaria	Potencia máxima (HP)	Maquinaria por entidad			Total
		CDMX	EDOMEX	Tizayuca	
Cargadores de neumáticos de goma	300	52	26	1	379
Cargadores de neumáticos de goma	40	3	2	N/A	45
Cargadores de neumáticos de goma	50	4	2	N/A	56
Cargadores de neumáticos de goma	600	38	19	N/A	657
Cargadores de neumáticos de goma	75	5	3	N/A	83
Cargadores de neumáticos de goma	750	3	1	N/A	754
Equipo de superficie	25	1	N/A	N/A	26
Equipo de pavimentación	175	2	1	N/A	178
Trituración / Proc. Equipo	75	2	1	N/A	78
Excavadoras	100	270	136	2	508
Excavadoras	1,000	7	4	N/A	1,011
Excavadoras	11	8	4	N/A	23
Excavadoras	16	16	8	N/A	40
Excavadoras	175	1,009	510	8	1,702
Excavadoras	2,000	3	1	N/A	2,004
Excavadoras	25	70	35	1	131
Excavadoras	300	737	373	7	1,417
Excavadoras	40	145	73	1	259
Excavadoras	50	77	39	1	167
Excavadoras	6	1	1	N/A	8
Excavadoras	600	195	99	2	896
Excavadoras	75	60	30	1	166
Excavadoras	750	6	3	N/A	759
Grúas	100	4	2	N/A	106
Grúas	175	15	8	N/A	198
Grúas	300	16	8	N/A	324
Grúas	40	1	N/A	N/A	41
Grúas	600	10	5	N/A	615
Minicargadoras	100	29	15	N/A	144
Minicargadoras	16	5	2	N/A	23
Minicargadoras	175	1	N/A	N/A	176
Minicargadoras	25	10	5	N/A	40
Minicargadoras	40	20	10	N/A	70
Minicargadoras	50	8	4	N/A	62
Minicargadoras	75	43	23	1	142
Niveladora	100	47	24	N/A	171
Niveladora	175	480	242	4	901
Niveladora	300	802	407	7	1,516
Niveladora	50	1	N/A	N/A	51
Niveladora	600	92	46	1	739
Niveladora	75	6	3	N/A	84
Niveladora	750	6	3	N/A	759
Otros equipos de construcción	175	1	N/A	N/A	176
Otros equipos de construcción	300	1	N/A	N/A	301
Otros equipos de construcción	600	1	1	N/A	602
Pavimentadoras	175	1	1	N/A	177
Raspadores	175	1	1	N/A	177
Raspadores	300	16	8	N/A	324
Raspadores	600	21	10	N/A	631
Raspadores	750	10	5	N/A	765
Rodillos	100	1,082	548	9	1,739
Rodillos	11	138	70	1	220
Rodillos	16	165	83	1	265
Rodillos	175	1,003	507	9	1,694
Rodillos	25	295	149	3	472
Rodillos	300	343	173	3	819
Rodillos	40	421	213	4	678
Rodillos	50	391	197	3	641
Rodillos	6	73	37	1	117
Rodillos	600	102	51	1	754
Rodillos	75	395	200	3	673
Tractor de orugas / Bulldozer	100	196	99	2	397
Tractor de orugas / Bulldozer	1,000	16	8	N/A	1,024
Tractor de orugas / Bulldozer	1,200	28	14	N/A	1,242
Tractor de orugas / Bulldozer	175	441	223	4	843

Maquinaria	Potencia máxima (HP)	Maquinaria por entidad			Total
		CDMX	EDOMEX	Tizayuca	
Tractor de orugas / Bulldozer	300	383	194	3	880
Tractor de orugas / Bulldozer	600	194	98	2	894
Tractor de orugas / Bulldozer	75	7	3	N/A	85
Tractor de orugas / Bulldozer	750	77	39	1	867
Tractores / Cargadores / Retroexcavadoras	100	4,784	2,415	41	7,340
Tractores / Cargadores / Retroexcavadoras	175	3,183	1,608	28	4,994
Tractores / Cargadores / Retroexcavadoras	25	68	34	1	128
Tractores / Cargadores / Retroexcavadoras	300	17	9	N/A	326
Tractores / Cargadores / Retroexcavadoras	40	136	69	1	246
Tractores / Cargadores / Retroexcavadoras	50	72	37	1	160
Tractores / Cargadores / Retroexcavadoras	75	1,354	684	12	2,125
Zanjadoras	100	36	18	N/A	154
Zanjadoras	175	11	6	N/A	192
Zanjadoras	300	7	4	N/A	311
Zanjadoras	40	21	11	N/A	72
Zanjadoras	50	53	27	N/A	130
Zanjadoras	600	4	2	N/A	606
Zanjadoras	75	89	44	2	210
Total		20,175	10,193	174	57,525

Fuente: SEMARNAT-CONACyT (2018). Caracterización de la Actividad Anual y las emisiones de Fuentes Móviles fuera de Carretera utilizadas en el Agro y en la Construcción en México. Informe Etapa 2 -Final. Proyecto SEMARNAT-2016-01-278705.

En la Tabla 96 se muestran los factores de emisión utilizados en la estimación de esta categoría, así como las horas de operación anuales por tipo de maquinaria (Tabla 97).

Tabla 96. Factores de emisión para maquinaria de construcción

Maquinaria	Rango	HP	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	CO ₂
Compactadora	3 < HP <= 6	6	1.03	1.00	0.00	8.23	9.79	1.48	1.46	1,061.84
Rodillos	3 < HP <= 6	6	1.46	1.41	0.01	16.05	13.92	2.01	1.97	1,906.77
Excavadoras	3 < HP <= 6	6	1.35	1.31	0.01	16.52	15.27	2.14	2.10	2,104.04
Rodillos	6 < HP <= 11	11	2.33	2.26	0.01	25.66	22.25	3.21	3.16	3,048.81
Excavadoras	6 < HP <= 11	11	1.79	1.74	0.01	21.94	20.27	2.84	2.79	2,793.81
Rodillos	11 < HP <= 16	16	2.92	2.83	0.02	21.24	35.49	3.97	3.91	4,754.20
Excavadoras	11 < HP <= 16	16	2.75	2.67	0.02	19.05	34.51	3.74	3.68	4,610.63
Minicargadoras	11 < HP <= 16	16	2.93	2.84	0.01	21.38	18.82	5.24	5.16	2,245.73
Rodillos	16 < HP <= 25	25	4.24	4.12	0.03	30.85	51.54	5.76	5.67	6,905.00
Equipo de superficie	16 < HP <= 25	25	5.03	4.88	0.03	37.81	57.44	6.85	6.74	7,598.29
Excavadoras	16 < HP <= 25	25	4.51	4.37	0.03	31.22	56.58	6.14	6.04	7,558.06
Tractores / Cargadores / Retroexcavadoras	16 < HP <= 25	25	3.14	3.04	0.01	24.15	24.59	5.34	5.25	3,313.86
Minicargadoras	16 < HP <= 25	25	3.85	3.73	0.01	28.06	24.69	6.88	6.77	2,946.89
Rodillos	25 < HP <= 40	40	6.17	5.98	0.05	36.07	90.31	6.06	5.96	11,420.39
Zanjadoras	25 < HP <= 40	40	7.36	7.14	0.05	40.99	94.34	6.66	6.56	11,974.38
Plataformas de perforación	25 < HP <= 40	40	5.43	5.27	0.04	28.32	67.97	6.80	6.69	7,971.50
Excavadoras	25 < HP <= 40	40	5.32	5.16	0.05	33.86	92.41	5.97	5.88	11,606.99
Grúas	25 < HP <= 40	40	5.06	4.91	0.04	28.33	80.75	5.33	5.24	9,986.24
Cargadores de neumáticos de goma	25 < HP <= 40	40	6.52	6.32	0.05	38.11	95.48	6.40	6.30	12,073.59
Tractores / Cargadores / Retroexcavadoras	25 < HP <= 40	40	4.46	4.32	0.02	25.56	35.47	5.42	5.34	4,732.83
Minicargadoras	25 < HP <= 40	40	6.10	5.92	0.02	37.77	40.52	9.24	9.10	5,084.14
Rodillos	40 < HP <= 50	50	8.69	8.43	0.07	50.81	127.22	8.53	8.39	16,087.57
Zanjadoras	40 < HP <= 50	50	9.73	9.44	0.07	54.15	124.64	8.80	8.67	15,819.53
Plataformas de perforación	40 < HP <= 50	50	7.76	7.52	0.05	40.42	97.01	9.71	9.55	11,377.37
Excavadoras	40 < HP <= 50	50	7.36	7.14	0.07	46.90	127.97	8.27	8.14	16,074.19
Niveladora	40 < HP <= 50	50	8.03	7.79	0.08	50.23	134.86	8.77	8.63	16,962.59
Cargadores de neumáticos de goma	40 < HP <= 50	50	8.62	8.36	0.07	50.37	126.19	8.46	8.32	15,957.65
Tractores / Cargadores / Retroexcavadoras	40 < HP <= 50	50	6.34	6.15	0.03	36.37	50.47	7.72	7.59	6,734.34
Minicargadoras	40 < HP <= 50	50	7.84	7.61	0.03	48.53	52.08	11.88	11.69	6,533.64
Rodillos	50 < HP <= 75	75	14.87	14.42	0.10	118.94	147.02	13.84	13.62	21,323.61

Maquinaria	Rango	HP	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	CO ₂
Zanjadoras	50 < HP <= 75	75	17.26	16.74	0.10	126.87	158.20	16.28	16.02	21,415.01
Plataformas de perforación	50 < HP <= 75	75	14.46	14.02	0.07	81.60	148.87	17.02	16.75	15,651.36
Excavadoras	50 < HP <= 75	75	12.23	11.87	0.10	111.41	134.14	11.19	11.01	21,528.27
Niveladora	50 < HP <= 75	75	12.55	12.18	0.09	110.91	134.54	11.63	11.44	20,907.97
Trituración / Proc. Equipo	50 < HP <= 75	75	9.60	9.31	0.07	67.37	114.18	10.40	10.23	15,388.87
Cargadores de neumáticos de goma	50 < HP <= 75	75	15.10	14.65	0.10	120.82	149.33	14.06	13.83	21,660.65
Tractores / Cargadores / Retroexcavadoras	50 < HP <= 75	75	12.42	12.05	0.04	82.67	74.47	16.50	16.24	9,080.88
Tractor de orugas / Bulldozer	50 < HP <= 75	75	12.37	11.99	0.09	108.48	131.83	11.48	11.30	20,359.71
Minicargadoras	50 < HP <= 75	75	13.23	12.83	0.04	85.96	74.35	18.96	18.66	8,373.57
Rodillos	75 < HP <= 100	100	24.69	23.94	0.13	178.84	200.52	19.30	19.00	29,756.41
Zanjadoras	75 < HP <= 100	100	27.74	26.91	0.13	191.11	221.07	23.13	22.77	30,445.18
Plataformas de perforación	75 < HP <= 100	100	20.26	19.65	0.09	108.11	202.22	23.34	22.97	21,540.23
Excavadoras	75 < HP <= 100	100	24.24	23.51	0.14	185.12	193.72	16.71	16.44	32,194.45
Grúas	75 < HP <= 100	100	14.37	13.94	0.10	89.41	158.49	14.55	14.32	22,332.56
Niveladora	75 < HP <= 100	100	22.60	21.92	0.13	172.25	184.64	16.43	16.17	29,571.35
Cargadores de neumáticos de goma	75 < HP <= 100	100	24.90	24.15	0.13	180.37	202.20	19.46	19.15	30,009.19
Tractores / Cargadores / Retroexcavadoras	75 < HP <= 100	100	19.33	18.75	0.06	128.60	104.97	24.03	23.65	12,670.50
Tractor de orugas / Bulldozer	75 < HP <= 100	100	23.69	22.98	0.13	180.14	193.98	17.38	17.10	30,852.40
Minicargadoras	75 < HP <= 100	100	20.92	20.29	0.05	136.33	109.59	28.55	28.10	12,245.13
Pavimentadoras	100 < HP <= 175	175	23.84	23.13	0.18	105.00	263.63	22.56	22.20	42,565.90
Rodillos	100 < HP <= 175	175	23.77	23.05	0.18	105.84	270.31	22.96	22.60	41,804.56
Raspadores	100 < HP <= 175	175	28.29	27.44	0.22	122.26	300.88	25.74	25.34	50,854.88
Equipo de pavimentación	100 < HP <= 175	175	24.52	23.79	0.18	114.11	295.76	24.90	24.51	41,513.84
Zanjadoras	100 < HP <= 175	175	25.45	24.69	0.19	119.74	310.18	26.11	25.70	42,460.50
Plataformas de perforación	100 < HP <= 175	175	19.03	18.46	0.13	94.83	311.57	26.28	25.86	30,019.51
Excavadoras	100 < HP <= 175	175	24.23	23.50	0.19	102.52	240.54	20.59	20.27	43,521.81
Grúas	100 < HP <= 175	175	13.95	13.53	0.14	56.46	226.46	18.11	17.82	33,103.23
Niveladora	100 < HP <= 175	175	24.75	24.01	0.19	106.14	258.65	22.15	21.80	44,530.79
Cargadores de neumáticos de goma	100 < HP <= 175	175	24.51	23.77	0.19	109.12	278.63	23.67	23.29	43,101.09
Tractores / Cargadores / Retroexcavadoras	100 < HP <= 175	175	16.11	15.62	0.07	89.20	141.04	23.73	23.35	15,811.65
Tractor de orugas / Bulldozer	100 < HP <= 175	175	23.92	23.20	0.19	102.94	252.40	21.60	21.26	43,043.78
Minicargadoras	100 < HP <= 175	175	18.45	17.90	0.07	109.54	150.08	29.37	28.90	15,084.65
Otros equipos de construcción	100 < HP <= 175	175	25.94	25.17	0.19	121.29	314.99	26.48	26.06	43,536.30
Rodillos	175 < HP <= 300	300	26.54	25.75	0.29	134.36	410.12	33.19	32.67	68,633.24
Raspadores	175 < HP <= 300	300	27.95	27.11	0.33	142.52	421.85	34.68	34.13	78,099.05
Zanjadoras	175 < HP <= 300	300	34.84	33.80	0.34	178.51	542.14	43.30	42.61	79,214.16
Plataformas de perforación	175 < HP <= 300	300	29.47	28.59	0.24	152.35	540.00	43.94	43.24	54,492.45
Excavadoras	175 < HP <= 300	300	25.34	24.58	0.30	130.00	367.95	30.58	30.09	73,803.51
Grúas	175 < HP <= 300	300	15.38	14.92	0.23	72.19	342.83	26.14	25.73	54,201.87
Niveladora	175 < HP <= 300	300	25.89	25.11	0.30	132.17	387.08	31.94	31.44	73,134.39
Cargadores de neumáticos de goma	175 < HP <= 300	300	28.13	27.29	0.31	142.41	434.57	35.18	34.62	72,744.91
Tractores / Cargadores / Retroexcavadoras	175 < HP <= 300	300	21.81	21.16	0.11	124.78	220.38	34.97	34.42	26,212.58
Tractor de orugas / Bulldozer	175 < HP <= 300	300	26.51	25.71	0.31	135.12	398.41	32.80	32.28	74,493.83
Otros equipos de construcción	175 < HP <= 300	300	32.12	31.15	0.31	163.95	500.42	39.91	39.27	73,903.04
Rodillos	300 < HP <= 600	600	56.34	54.65	0.57	407.96	980.16	59.79	58.84	133,010.02
Raspadores	300 < HP <= 600	600	50.43	48.92	0.57	359.93	888.81	53.22	52.37	133,662.63
Zanjadoras	300 < HP <= 600	600	73.45	71.25	0.57	534.71	1,125.86	80.91	79.63	131,079.63

Maquinaria	Rango	HP	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	CO ₂
Plataformas de perforación	300 < HP <= 600	600	52.03	50.47	0.44	329.70	1,046.97	75.28	74.08	101,874.44
Excavadoras	300 < HP <= 600	600	45.57	44.20	0.55	312.72	780.97	47.26	46.51	129,910.91
Grúas	300 < HP <= 600	600	31.17	30.23	0.40	194.59	747.58	43.72	43.03	93,951.58
Niveladora	300 < HP <= 600	600	39.85	38.65	0.46	281.84	700.03	41.84	41.17	108,135.84
Camiones fuera de carretera	300 < HP <= 600	600	43.31	42.01	0.55	273.16	651.99	44.09	43.39	132,865.62
Cargadores de neumáticos de goma	300 < HP <= 600	600	56.30	54.62	0.57	403.36	979.79	58.97	58.04	132,663.99
Tractor de orugas / Bulldozer	300 < HP <= 600	600	50.14	48.64	0.57	356.55	882.72	52.90	52.06	134,550.41
Otros equipos de construcción	300 < HP <= 600	600	76.31	74.02	0.60	556.90	1,193.96	82.80	81.48	139,942.56
Raspadores	600 < HP <= 750	750	85.65	83.08	0.93	791.87	1,451.99	81.49	80.19	217,544.95
Excavadoras	600 < HP <= 750	750	82.40	79.92	0.96	783.43	1,367.13	79.21	77.95	227,623.54
Niveladora	600 < HP <= 750	750	91.21	88.48	1.01	849.74	1,543.17	86.66	85.28	237,293.78
Cargadores de neumáticos de goma	600 < HP <= 750	750	96.92	94.01	0.94	848.73	1,616.97	90.59	89.15	218,975.40
Tractor de orugas / Bulldozer	600 < HP <= 750	750	86.96	84.35	0.95	807.92	1,473.70	82.91	81.60	223,685.33
Excavadoras	750 < HP <= 1000	1000	111.60	108.25	1.18	763.43	2,424.16	159.57	157.04	279,521.33
Cargadores de neumáticos de goma	750 < HP <= 1000	1000	144.21	139.89	1.17	1,019.67	2,730.53	199.32	196.15	273,799.54
Tractor de orugas / Bulldozer	750 < HP <= 1000	1000	125.98	122.20	1.24	873.11	2,666.33	180.24	177.38	291,813.56
Tractor de orugas / Bulldozer	1000 < HP <= 1200	1200	145.36	141.00	1.43	1,007.43	3,076.54	207.97	204.66	336,708.00
Excavadoras	1200 < HP <= 2000	2000	223.20	216.50	2.36	1,526.86	4,848.33	319.15	314.08	559,042.64
Cargadores de neumáticos de goma	1200 < HP <= 2000	2000	310.80	301.48	2.53	2,197.54	5,884.68	429.56	422.74	590,077.11

Fuente: U.S. EPA (2008). Nonroad versión 2008a. Environmental Protection Agency (U.S. EPA)

Tabla 97. Actividad diaria y anual de maquinaria de construcción

SCC	Maquinaria	Horas de Operación/año		
		Entre semana	Fin de semana	Total
2270002003	Pavimentadoras	316	30	346
2270002006	Compactadora	347	33	380
2270002009	Compactadores de placas	172	17	189
2270002015	Rodillos	129	12	141
2270002018	Raspadores	195	19	214
2270002021	Equipo de pavimentación	157	15	172
2270002024	Equipo de superficie	8	-	8
2270002027	Placas de señal / Plantas de luz	134	13	146
2270002030	Zanjadoras	347	33	380
2270002033	Plataformas de perforación / perforación	85	8	93
2270002036	Excavadoras	177	17	194
2270002039	Sierras de hormigón / industriales	13	1	14
2270002042	Mezcladoras de cemento y mortero	31	3	34
2270002045	Grúas	529	50	580
2270002048	Niveladora	370	35	405
2270002051	Camiones fuera de carretera	429	41	470
2270002054	Trituración / Proc. Equipo	10	1	11
2270002057	Montacargas todo terreno	67	6	73
2270002060	Cargadores de neumáticos de goma	324	31	355
2270002066	Tractores / Cargadores / Retroexcavadoras	568	54	622
2270002069	Tractor de orugas / Bulldozer	136	13	149
2270002072	Minicargadoras	447	43	490
2270002075	Tractores fuera de carretera	10	1	11
2270002078	Dumpers / Tenders	36	3	39
2270002081	Otros equipos de construcción	26	2	28

Fuente: SEMARNAT-CONACYT (2018). Caracterización de la Actividad Anual y las emisiones de Fuentes Móviles fuera de Carretera utilizadas en el Agro y en la Construcción en México. Informe Etapa 2 -Final. Proyecto SEMARNAT-2016-01-278705.

10.2. Emisiones fugitivas, por manejo de materiales y movimiento de tierra

En esta sección se describe la metodología para estimar las emisiones de partículas (PM10 y PM2.5) por las actividades de construcción y demolición.

10.2.1. Emisiones por construcción y demolición

La estimación de emisiones por construcción y demolición, se realizaron con base en la información proporcionada por la Dirección General de Regulación Ambiental (DGRA), de la SEDEMA; se obtuvieron los tiempos y magnitud de los diferentes proyectos en ejecución, el volumen de los residuos derivados de la demolición potencialmente reciclables para la obtención de agregados y materiales de relleno (REMDCa), y los residuos producto de la excavación (RMEDCE). Cada obra tiene diferentes calendarizaciones por lo que el análisis de tiempos se realizó individualmente.

Tabla 98. Superficie construida y volumen de residuos de la construcción generados en CDMX

Tipo de proyecto	Área de construcción total en 2018 [ha]	RMEDCA[t]	RMECE [t]
Construcción	45.21	294,960.46	822,716.90

Fuente: SEDEMA (2019). Proyectos de construcción y demolición. Datos proporcionados por la Dirección General de Evaluación de Impacto y Regulación Ambiental de la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México el día 21 de noviembre de 2019.

Tabla 99. Volumen de demolición y cantidad total desechada de residuos en CDMX

Tipo de proyecto	Volumen de demolición [ft³]	Cantidad total desechada (puesta en pilas)
Demolición	530,694,019.86	464,334.62

Emisiones por actividades globales de la construcción

La estimación de emisiones globales depende del tipo de construcción, nivel de actividad, duración y área afectada (Radian LLC, 1997), la ecuación general para estimar emisiones por actividades globales de construcción es la siguiente:

$$E = A_k * t_k * FE$$

Donde:

E = Emisión del contaminante K [t/año]

FE = Factor de emisión del contaminante [t/ha/mes]

A_k = Área del proyecto k [ha]

t_k = tiempo de construcción del proyecto durante año base del inventario [meses]

Los factores de emisión se muestran en la Tabla 100.

Tabla 100. Factores de emisión para actividades globales de la construcción

Sitio	Tipo de Construcción y Nivel de Actividad	Factor global de emisión de PM10 sin control (t/ha/mes)
A	Industrial – Actividad Moderada (atrincherado, prepavimentación, movimiento de tierra a pequeña escala)	0.072
B	Residencial – Actividad Moderada a Pesada (atrincherado, movimiento de tierra, barrenado y dinamitado, compactación)	0.720
C	Residencial – Actividad Moderada a Pesada (atrincherado, prepavimentación, acarreo del material de base para caminos)	0.180
D	Residencial – Actividad Baja a Moderada (planeación y modificación del terreno)	0.009
E	Residencial – Actividad Pesada (movimiento de tierra, arrastre, apilado)	0.900
F	Residencial – Actividad Pesada (movimiento de tierra)	0.960
G	Comercial – Actividad Moderada a Pesada (atrincherado, acarreo de material de relleno)	0.760
Promedio		0.250

Fuente: Radian International (1997) Manuales del programa de inventario de emisiones de México. Vol. V. Desarrollo de inventarios de Fuentes de área. Sacramento, CA.

Emisiones por actividades de la demolición

Las emisiones por proyectos de demolición se estimaron con base en lo descrito en los “Manuales del programa de Inventarios de Emisiones en México” (Radian International, LLC., 1997). La fórmula aplicada para la estimación de emisiones es la descrita a continuación:

$$E_{PM10} = V_k * FE * 0.00045$$

Donde:

E_{PM10} = Emisión PM10 [t/año]

V_k = Volumen afectado por demolición [ft³]

FE = Factor de emisión [lb/ft³]

0.00045 = Conversión de lb a toneladas

El factor de emisión para PM10 y PM 2.5 se indica en la Tabla 101, se asume que las PM2.5 es una fracción respecto a las PM10.

Tabla 101. Factor de emisión por actividad de demolición [lb/ft³]

	PM10	PM2.5 ¹
	0.00042	0.000378

¹ Las PM2.5 representan el 0.9 de las PM10.

Fuente: Air Quality Handbook (1993). California Environmental Quality Act (CEQA). South Air Coast Air Quality Management District's (SCAQMD's). Consultado en 2020: https://ww2.energy.ca.gov/sitingcases/ivanpah/documents/others/2009-08-12_Attachemt_AQ1-

Emisiones por manejo (carga y descarga) de materiales

Las emisiones por manejo de materiales se estimaron con la siguiente ecuación:

$$E_p = \frac{FE_{tp} * V_k}{1000}$$

Donde:

E_p = Emisión de partículas (PM10/PM2.5) [t/año]

FE_{tp} = Factor de emisión por temporada para partículas [kg/t de material]

V_k = Cantidad total desechada (puesta en pilas) RMEDCA [t]

1000 = Conversión de kilogramos a toneladas

El factor de emisión de PM10 y PM2.5 de las actividades de carga y descarga de materiales se ve afectado por las condiciones meteorológicas, velocidad del viento y humedad, presentes por temporada climática (fría, húmeda y seca). El cálculo de estos factores se realizó con la siguiente ecuación, (U.S.EPA AP-42, 1995), y se presentan en la Tabla 102:

$$E = K(0.0016) \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}}$$

Donde:

E = Factor de emisión

K = Multiplicador de la partícula (adimensional)

U = Velocidad media del viento, (m/s)

M = Contenido de humedad del material (%)

Tabla 102. Factores de emisión para carga y descarga de materiales por temporada

Temporada	Factor de emisión [kg/t material]	
	PM10	PM2.5
Fría	0.000339	0.000051
Lluvia	0.000416	0.000063
Seca	0.000362	0.000055

Fuente: U.S. EPA (2002) Aggregate Handling and Storage Piles, Chapter 13.2.4.1. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). Consultado en diciembre 2019 en: <https://www3.epa.gov/ttn/chieff/ap42/ch13/final/c13s0204.pdf>

Emisiones por actividades de la construcción en vialidades

El dato de actividad para la estimación de emisiones de las vialidades construidas en la Ciudad de México fue proporcionado por la Secretaría de Obras y servicios (SOBSE). La información de los proyectos viales para el Estado de México se obtuvo del Balance de Obras 2013-2018 Estado de México (SCT, 2018).



La información de los proyectos viales del municipio de Tizayuca fue proporcionada por Subdirección de Gestión y Evaluación de Proyectos de la Secretaría de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial del Estado de Hidalgo (SOPOTH). Finalmente, se obtuvo información de la construcción de proyectos federales de la Gaceta Ecológica: Proyectos en Evaluación de Impacto Ambiental. Sistema Nacional de Trámites (SINAT) (SEMARNAT, 2019).

Para el cálculo de emisiones se utilizó el Software *Road Construction Emission Model* versión 9, el cual estima las emisiones fugitivas por manejo de materiales y movimiento de tierra en las diferentes etapas de construcción.

11. Matriz de Energía

Para la elaboración de la matriz de energía de la ZMVM se consideran datos de ventas de combustibles y electricidad del Sistema de Información Energética de la Secretaría de Energía para el año 2018 (SIE-SENER); para el balance de combustibles del sector transporte, la industria y los comercios y servicios se realizan algunos ajustes que se describen a continuación:

- Gasolinas: a partir de la actividad vehicular (KRV anuales) y los rendimientos de la flota en circulación se determina la cantidad de gasolinas utilizadas en la ZMVM, volumen que excede las ventas reportadas por SIE-SENER.
- Diésel: además del que consumen los vehículos automotores, se considera el que requieren las locomotoras de patio y foráneas para las operaciones que realizan dentro de la ZMVM, ya que el combustible que reporta SIE-SENER representa las ventas totales. También para el sector industrial se hace el balance con el consumo reportado en las LAU, COA y COI.
- Gas L.P.: para el sector de comercios y servicios se considera el reportado por las fuentes fijas y el consumo de establecimientos que utilizan este combustible en su operación.
- Turbosina: Sólo se considera el volumen que se consume en las operaciones de despegue y aterrizaje de las aeronaves en el Aeropuerto Internacional Benito Juárez.

Adicional a los combustibles anteriores, se contabilizan los reportados en las LAU, las COA y las COI, así como el consumo de carbón en por la preparación y/o calentamiento de alimentos en vía pública, y el consumo de leña en el sector habitacional.

El consumo energético de electricidad en Petajoules, se estimó a partir de los diferentes tipos de combustibles que se utilizan para la generación de electricidad a nivel nacional, considerando el consumo y el poder caloríficos de estos se realiza la conversión a unidades de energía, con este dato se obtiene un *factor de conversión para reportar el consumo de electricidad de la ZMVM en unidades de energía y determinar las emisiones por la generación de esta*. En la tabla siguiente se presenta la obtención de este factor de conversión.

Tabla 103. Obtención de factor de conversión de energía

Consumo de combustible y unidades	2018	Poder Calorífico 2018	Energía [TJ/año]
Consumo de Combustóleo (m3)	6,544,391	0.04023592	263,320
Consumo de Diesel (m3)	482,599	0.03811625	18,395
Consumo de Carbón (Ton)	15,947,204	0.02652100	422,936
Consumo de Gas Natural (m3)	17,412,979,538	0.00003726	648,755
	Total		1,353,406
Obtención de Factor de conversión:			
Total nacional de electricidad generada con estos combustibles [MWh/año]			211,149,259
Factor de conversión de energía [TJ/MWh]= (1,353,406 [TJ/año] / 211,149,259 (MWh/año))			0.00641

Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema de Información Energética con información de CFE, incluye información de la extinta LyFC, y Balance Nacional de Energía 2018.

En la Tabla 104 se presenta la matriz de energía de la ZMVM para el año 2018.

Tabla 104. Consumo energético en la ZMVM durante 2018

Tipo de energético [unidad]	Consumo por sector						Total	
	Habitacional	Comercios y servicios	Industria	Transporte	Agropecuario	Total	Consumo [PJ/año]	Aporte
Gasolina [m ³ /año]	N/A	42	55	10,458,214	N/A	10,458,310	367.91	41.81%
Diésel [m ³ /año]	N/A	24,738	87,827	1,146,203	N/A	1,258,768	47.98	5.45%
Gas L.P. [m ³ /año]	2,101,775	616,972	400,647	535,437	41,813	3,696,645	96.56	10.97%
Gas natural [m ³ /año]	252,149,908	80,191,264	4,630,756,778	22,176,051	N/A	4,985,274,000	185.74	21.11%
Turbosina [m ³ /año]	N/A	N/A	N/A	179,402	N/A	179,402	6.85	0.78%
Combustóleo ligero [m ³ /año]	N/A	106	3,806	N/A	N/A	3,912	0.16	0.02%
Combustóleo pesado [m ³ /año]	N/A	N/A	1,014	N/A	N/A	1,014	0.04	<0.01%
Leña [t/año]	36,216	177	851	N/A	N/A	37,244	0.54	0.06%
Coque de petróleo [t/año]	N/A	N/A	84,131	N/A	N/A	84,131	2.75	0.31%
Coque de carbón [t/año]	N/A	N/A	984	N/A	N/A	984	0.03	<0.01%
Carbón vegetal [t/año]	N/A	3,965	N/A	N/A	N/A	3,965	0.12	0.01%
Energía eléctrica [MWh/año]	6,252,760	6,301,989	13,324,952	809,444	42,906	26,732,052	171.34	19.47%
Consumo total [PJ/año]	104.9	60.6	274.7	438.4	1.4	880	880	100%
Aporte porcentual	11.90%	6.90%	31.20%	49.80%	0.20%	100%		

Fuente: Elaboración propia con información del Balance Nacional de Energía 2018 (SENER, 2019); rendimientos y actividad de la flota vehicular; consumos reportados por fuentes fijas de jurisdicción local en la Licencia Ambiental Única para la CDMX (LAU-CDMX) 2018, la Cédula de Operación Integral (COI) del EdoMex y la Cédula de Operación Anual (COA) del Estado de Hidalgo; consumos reportados por fuentes fijas de jurisdicción federal a través de la COA de la SEMARNAT; y consumo de turbosina de aeronaves del Sistema de Modelización de Emisiones y Dispersión (EDMS, por sus siglas en inglés); consumo de leña a partir del Estudio Sobre la evolución nacional del consumo de leña y carbón vegetal en México 1990-2024 (Masera et.al, 2010) y carbón proyección 2018 considerando datos 2017 del Sistema de comercios en vía pública.

Notas: El consumo total en PJ se obtiene multiplicando el consumo de combustibles (ya sea en m³ o t) por el poder calorífico del energético, obtenido del Balance Nacional de Energía (SENER, 2019), excepto carbón vegetal, cuyo poder calorífico se obtuvo del estudio de Wolf & Vogel (1986); para la electricidad se utilizó el factor de conversión determinado en la Tabla 103.

12. Especiación de contaminantes tóxicos

Las emisiones de contaminantes tóxicos se estimaron a partir de los compuestos orgánicos totales (COT) para gases y de partículas PM10 para metales. Las principales fuentes de las especiaciones son el SPECIATE V4.5 de la EPA para COT y CEIDARS para PM10. En los casos donde el perfil de especiación se encuentra referido a COV se realizó la normalización correspondiente a COT. La lista de perfiles en base COT utilizados por categoría se muestra en la Tabla 105.

Tabla 105. Lista por categoría de los perfiles de especiación base COT

Categoría	Fuente
Combustión industrial (GN)	U.S. Speciate V.5 Profile Number 0003, Profile Name: External Combustion Boiler - Natural Gas
Combustión comercial-institucional (GLP)	Mugica, 1999. Tesis Doctoral "Determinación de los Perfiles de Emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles en la ZMCM y su aplicación en el modelo CMB, Violeta Mugica Álvarez, 1999, página 81
Combustión comercial-institucional (GN)	U.S. Speciate V.5 Profile Number 0003, Profile Name: External Combustion Boiler - Natural Gas
Combustión habitacional (GLP)	SEDEMA, 2016. "Diagnóstico de equipos a gas L.P. y actualización de factores de emisión de fugas y combustión de gas L.P. en viviendas de la ZMVM". Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA)
Combustión habitacional (GN)	U.S. Speciate V.5 Profile Number 0003, Profile Name: External Combustion Boiler - Natural Gas
Operación de aeronaves	U.S. Speciate V.5 Profile Number 1099, Profile Name: Aircraft Landing/Takeoff (LTO) - General Aviation
Locomotoras (foráneas/ patio)	U.S. Speciate V.5 Profile Number 4673, Profile Name: Diesel composition
Terminales de Autobuses de pasajeros	Mugica <i>et al.</i> (2000) Volatile organic compounds emission from gasoline and diesel-powered vehicle.
Recubrimiento de superficies Industriales	U.S. Speciate V.5 Profile Number 2418 Profile Name: Industrial Maintenance Coatings
Pintura automotriz	Mugica (1999), Tesis Doctoral "Determinación de los Perfiles de Emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles en la ZMCM y su aplicación en el modelo CMB, Violeta Mugica Álvarez, 1999, página 74
Recubrimiento de superficies arquitectónicas (PINTURAS VINILICAS)	Mugica (1999), Tesis Doctoral "Determinación de los Perfiles de Emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles en la ZMCM y su aplicación en el modelo CMB, Violeta Mugica Álvarez, 1999, página 75
Recubrimiento de superficies arquitectónicas (PINTURAS ACRILICAS)	Mugica (1999), Tesis Doctoral "Determinación de los Perfiles de Emisión de Compuesto Orgánicos Volátiles en la ZMCM y su aplicación en el modelo CMB, Violeta Mugica Álvarez, 1999, página 76
Pintura de tránsito	U.S. Speciate V.5 Profile Number 2438, Profile Name: Traffic Paint - 1996
Limpieza en superficie industrial	U.S. Speciate V.5 Profile Number 2420, Profile Name: Degreasing, All Processes/All Industries
Lavado en seco (Gas nafta)	U.S. Speciate V.5 Profile Number 4422, Profile Name: Naphtha Solvent
Artes gráficas	U.S. Speciate V.5 Profile Number 1191, Profile Name: Graphic Arts - (Printing)
Aplicación de asfalto	U.S. Speciate V.5 Profile Number 1007, Profile Mineral Products - Asphaltic Concrete
Productos de cuidado personal	U.S. Speciate V.5 perfil 8501 Consumer and Commercial Products: Personal Care Products: All Personal Care Products (1998)
Productos misceláneos	U.S. Speciate V.5 perfil 8535 Consumer and Commercial Products: Miscellaneous Products: All Miscellaneous Products (1998)
Productos de consumo doméstico	U.S. Speciate V.5 perfil 8511 Consumer and Commercial Products: Household Products: All Household Products (1998)
Plaguicidas domésticos	U.S. Speciate V.5 perfil 8526 Consumer and Commercial Products: Fifra Related Products: All Fifra Related Products. FIFRA
Uso comercial y doméstico de pinturas en aerosol	U.S. Speciate V.5 perfil 8533 Consumer and Commercial Products: Coatings and Related Products: Aerosol Spray Paints (1998)
Productos para el cuidado automotriz	U.S. Speciate V.5 perfil 8520 Consumer and Commercial Products: Automotive Aftermarket Products: All Automotive Aftermarket Products (1998)
Uso comercial y doméstico de adhesivos y selladores	U.S. Speciate V.5 perfil 8523 Consumer and Commercial Products: Adhesives and Sealants: All Adhesives and Sealants (1998)
Distribución de gasolina y Almacenamiento masivo de gasolina	Mugica, 2002, Receptor Model Source Apportionment of NMHC in Mexico City, tabla 2
Carga de combustibles en aeronaves	California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS) perfil orgánico 586
Distribución y almacenamiento de GLP	Análisis de composición de GLP en el Valle de México de la Subdirección de gas licuado y petroquímicos básicos. Oficio PGPB-SGLPB-GCGLPB-SCGL-159-2015
Fugas de GLP en instalaciones	Análisis de composición de GLP en el Valle de México de la Subdirección de gas licuado y petroquímicos básicos. Oficio PGPB-SGLPB-GCGLPB-SCGL-159-2016
HCNQ en la combustión de GLP	Mugica, 1999. Tesis Doctoral "Determinación de los Perfiles de Emisión de Compuesto Orgánicos Volátiles en la ZMCM y su aplicación en el modelo CMB, Violeta Mugica Álvarez, 1999, página 81

Categoría	Fuente
Panaderías	APCD, 1998. Baking Operations (marzo 12 de 1998). Air Pollution Control District, County of San Diego. Consultado en 2015 de: http://www.sdapcd.org/toxics/emissions/baking/baking1.pdf
Esterilización en hospitales	EPA,1989, Procedures for estimating and allocating area source emissions of air toxics. Hospital and laboratory sterilizers, pág. 10-3
Rellenos sanitarios	U.S. Speciate V.5 Perfil 3002 Landfills
Tratamiento de aguas residuales	U.S. Speciate V.5 Perfil 3003 Wastewater Treatment Plants
Incendios en estructuras	US EPA AP42-EPA 2001, Volume III, chapter 18, Structure fires tabla 18.4-4. emission Factors for structure fires.
Combustión residencial (leña)	U.S. Speciate V.5 Perfil 5650 Residential Wood Combustion
Incendios forestales	U.S. Speciate V.5 perfil 0307, Miscellaneous Burning - Forest Fires
Combustión de equipos agrícolas (GLP)	Mugica, 1999. Tesis Doctoral "Determinación de los Perfiles de Emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles en la ZMCM y su aplicación en el modelo CMB, Violeta Mugica Álvarez, 1999, página 81
Asados al carbón	U.S. Speciate V.5 perfil 3098 Consumer Products: Charcoal Lighter Materials
Aplicación de plaguicidas	U.S. Speciate V.5 perfil 8526 Consumer and Commercial Products: Fífra Related Products: All Fífra Related Products
Quemas agrícolas	U.S. Speciate V.5 perfil 5564 Biomass Burning - Agricultural Residues
Maquinaria (agrícola y de construcción)	U.S. Speciate V. 5 perfil 3164 Diesel Exhaust - farm equipment
Aguas residuales no tratadas	U.S. Speciate V.5 Perfil 3003 Wastewater Treatment Plants
Quema a cielo abierto	Yokelson R., et al. (2016) Nepal Ambient Monitoring and Source Testing Experiment (NAMaSTE): emission of trace gases and light-absorbing carbon from wood and dung cooking fires, garbage and crop residue burning, brick kilns, and other sources. Atmospheric Chemistry and Physics.16, 11043-11081.
Quemas controladas	U.S. Speciate V.5 perfil 5464 Biomass Burning-Agricultural Residues
Combustión comercial-institucional (Carbón)	U.S. Speciate V5 perfil 5563 Biomass Burning - Charcoal Burning
Combustión industrial (GLP)	Mugica, 1999. Tesis Doctoral "Determinación de los Perfiles de Emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles en la ZMCM y su aplicación en el modelo CMB, Violeta Mugica Álvarez, 1999, página 81
Combustión industrial (diésel)	U.S. Speciate V5 perfil 0002 External Combustion Boiler - Distillate Oil

La lista de perfiles de especiación para partículas PM10 se muestra en la Tabla 106.

Tabla 106. Listado de categorías de los perfiles de especiación base PM10

Categoría	Fuente
Combustión industrial (GN)	Factor Information Retrieval (FIRE) V6.25, EPA. Consultado en https://cfpub.epa.gov/webfire/index.cfm?action=fire.downloadInBulk https://cfpub.epa.gov/webfire/index.cfm?action=fire.downloadInBulk
Combustión comercial-institucional (GLP)	California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS) perfil 120 Gaseous material combustion
Combustión comercial-institucional (GN)	Factor Information Retrieval (FIRE) V6.25, EPA. Consultado en https://cfpub.epa.gov/webfire/index.cfm?action=fire.downloadInBulk https://cfpub.epa.gov/webfire/index.cfm?action=fire.downloadInBulk
Combustión habitacional (GLP)	California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS) perfil 120 Gaseous material combustion.
Combustión habitacional (GN)	Factor Information Retrieval (FIRE) V6.25, EPA
Operación de aeronaves	California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS), Perfil 141 Aircraft-jet fuel.
Locomotoras (foráneas/ patio)	California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS), Perfil 6099 Off road diesel vehicle exhaust
Terminales de Autobuses de pasajeros	California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS), Perfil 425 Diesel vehicle exhaust
HCN _Q en la combustión de GLP	California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS), Perfil 425 Diesel vehicle exhaust
Rellenos sanitarios	California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS), Perfil 381 Landfill dust
Incendios en estructuras	California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS), Perfil 137 Unplanned structural fires
Combustión residencial (leña)	U.S. Speciate V.4.5, Perfil 91105 Residential Wood Combustion - Composite
Incendios Forestales	California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS), perfil 463 Forest management burning
Combustión de equipos agrícolas (GLP)	California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS), Perfil 120 Gaseous Material Combustion
Asados al carbón	California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS), perfil 4052 Cooking
Quemas agrícolas	U.S. Speciate V.5, Perfil 91103 Agricultural Burning - Composite
Maquinaria (agrícola y de construcción)	U.S. Speciate V.5, Perfil 3858 Diesel Exhaust
Corrales	California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS), perfil 423 Livestock operations dust
Labranza agrícola	Vega, 2001. Chemical composition of fugitive dust emitters in Mexico City
Actividades de construcción	California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS), perfil 420 construction dust
Ladrilleras	U.S. Speciate V.5 perfil 95008 Brick Making Kiln
Quema a cielo abierto	U.S. Speciate V.5 perfil 95007 Garbage burning
Quemas controladas	U.S. Speciate V.5, Agricultural Burning - Composite
Combustión comercial-institucional (Carbón)	California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS), perfil 4052 Cooking
Combustión industrial (GLP)	California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS), perfil 120 Gaseous material combustion
Combustión industrial (diésel)	California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS), perfil 112 Fuel combustion-distillate
Vialidades pavimentadas	Vega, 2001. Chemical composition of fugitive dust emitters in Mexico City
Vialidades sin pavimentar	Vega, 2001. Chemical composition of fugitive dust emitters in Mexico City



Fuentes Móviles

TABLA DE **CONTENIDOS**

FUENTES MÓVILES	124
Flota vehicular	125
Actividad vehicular	131
Modelación con MOVES-CDMX.....	138
Factores de emisión.....	139
Contaminantes tóxicos	142
Emisiones por uso de aires acondicionados.....	142

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de la flota por tipo de combustible y tecnología en la ZMVM	125
Tabla 2. Distribución de la flota por tipo de combustible y tecnología en la CDMX.....	126
Tabla 3. Distribución de la flota por tipo de combustible y tecnología en el Estado de México	126
Tabla 4. Distribución de la flota por tipo de combustible y tecnología en Tizayuca, Hidalgo ...	126
Tabla 5. Flota vehicular por año modelo en la CDMX	127
Tabla 6. Flota vehicular por año modelo en el Estado de México	128
Tabla 7. Flota vehicular por año modelo en Tizayuca, Hidalgo.....	129
Tabla 8. Flota vehicular por año modelo en la ZMVM.....	130
Tabla 9. Clasificación vehicular	131
Tabla 10. Actividad de la flota vehicular de la ZMVM	132
Tabla 11. Ejemplo de cálculo para obtener KRV de vehículo \leq a 3.8 t.....	133
Tabla 12. Distribución porcentual de flota local y días de operación	133
Tabla 13. KRV por tipo de vehículo y año modelo para la CDMX.....	134
Tabla 14. KRV por tipo de vehículo y año modelo para el Estado de México	135
Tabla 15. KRV por tipo de vehículo y año modelo para Tizayuca, Hidalgo	136
Tabla 16. KRV por tipo de vehículo y año modelo en la ZMVM	137
Tabla 17. Información proporcionada al MOVES-CDMX.....	138
Tabla 18. Factores de emisión HNM, CO ₂ , CO y NO _x para vehículos a GN y GLP	139
Tabla 19. Factores de emisión de NH ₃ para vehículos a GN y GLP.....	140
Tabla 20. Factores de emisión de CH ₄ y N ₂ O para GN y GLP	140
Tabla 21. Factores de emisión ponderados para vehículos a gasolina en la CDMX.....	140
Tabla 22. Factores de emisión ponderados para vehículos a diésel en la CDMX.....	140
Tabla 23. Factores de emisión ponderados para vehículos a gasolina en el Estado de México	141
Tabla 24. Factores de emisión ponderados para vehículos a diésel en el Estado de México ...	141
Tabla 25. Factores de emisión ponderados para vehículos a gasolina en la ZMVM	141
Tabla 26. Factores de emisión ponderados para vehículos a diésel en la ZMVM	141
Tabla 27. Contaminantes tóxicos que estima el MOVES-CDMX.....	142
Tabla 28. Flota vehicular que usa aire acondicionado	143
Tabla 29. Ejemplo de cálculo de emisiones por uso aire acondicionado de autos	143

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Captura de pantalla del modelo MOVES-CDMX en selección de escala.....	138
Figura 2. Administración de tablas de entrada en el modelo MOVES-CDMX.	139

FUENTES MÓVILES

Las emisiones de las fuentes móviles se estimaron con la metodología establecida por SEMARNAT-INE en el Manual VI “Desarrollo de Inventario de Emisiones de Vehículos Automotores” del Programa de Inventarios de Emisiones para México (SEMARNAT-INE, 1997). Esta metodología requiere de factores de emisión, aplicados a un dato de actividad. En las fuentes móviles, la actividad son los Kilómetros Recorridos por los Vehículos (KRV), los cuales se describirán más adelante. En lo que se refiere a emisiones, éstas se estiman mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Ecuación general para el cálculo de la emisión de fuentes móviles

$$E_{ijk} = (KRV_{ij}) * (FE_{ijk}) / (1,000,000)$$

Donde:

E_{ijk} = Emisión del tipo de vehículo i, año modelo j, del contaminante k [t/año]

KRV_{ij} = Kilómetros recorridos por el tipo de vehículo i, año modelo j [km/año]

FE_{ijk} = Factor de emisión del tipo de vehículo i, año modelo j, del contaminante k [g/km]

1,000,000 = Factor de conversión de gramos a toneladas

El MOVES-México (*Motor Vehicle Emission Simulator*), es el software recomendado por la SEMARNAT para el cálculo de emisiones de fuentes móviles. El proceso de modelado de emisiones requiere de información relacionada a la flota vehicular, área geográfica, calidad de los combustibles, características de operación de los vehículos (actividad) y tipo de vialidad. El MOVES-México es una versión del modelo MOVES2014a de la US EPA, que puede ser utilizado para estimar directamente inventarios de emisiones o para obtener factores de emisión.

Las emisiones generadas por las fuentes móviles de los vehículos a gasolina y a diésel se estimaron con una adaptación del software MOVES-México a condiciones locales de la CDMX³⁸ (MOVES-CDMX). La US-EPA y ERG, desarrolladores conjuntos del modelo, recomiendan el uso del software en modalidad Inventory para realizar inventarios de emisiones, por lo cual, esta fue la metodología a seguir en el presente inventario. Adicionalmente, se realizaron corridas para obtener factores de emisión, los cuales, para fines de la memoria de cálculo se presentan más adelante como factores de emisión promedio por tipo de vehículo y contaminante.

Las emisiones de los vehículos a Gas Natural (GN) y a Gas LP (GLP) se estiman mediante factores de emisión aplicados a un dato de actividad (KRV), los cuales son obtenidos de diversas fuentes:

- IPCC-NGGIP (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. (Vol. 2, Energy). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Consultado en: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf.
- IPCC-NGGIP (1996). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (Vol. 2, Energy). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Consultado en: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/ch1ref5.pdf>.
- IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 3 Mobile Combustion, Emission Factors TIER1 (CH4 & N2O) Table 3.2.3. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Consultado en: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf

³⁸ (ERG-SEDEMA, 2017). Actualización de factores de emisión y datos de actividad para mejorar la estimación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero y contaminantes criterio de los vehículos de la Ciudad de México. Earnest Research Group, Inc.-Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México.

- INECC (2014). Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México. Tabla 22. Consultado en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110131/CGCCDBC_2014_FE_tipos_combustibles_fosiles.pdf.

Flota vehicular

El Inventario de Emisiones de la ZMVM 2018 considera una flota de 6 millones de vehículos, la cual se obtuvo a partir de bases de datos de los Programas de Verificación Vehicular Obligatorios para 2018, del transporte público y las dependencias responsables de los gobiernos de la CDMX, el Estado de México e Hidalgo. Asimismo, para vehículos federales se utilizaron aforos de la SCT en las entradas de la ZMVM por carreteras. Adicionalmente la flota foránea se estimó a partir de aforos vehiculares y del análisis de datos de campañas de sensor remoto.

Para la estimación de las emisiones contaminantes de cada entidad, se desagregó la flota vehicular por tipo de vehículo, combustible y tecnología, además se tomaron las siguientes consideraciones:

- las Pick Up con tipo de servicio particular se sumaron a autos particulares,
- las Pick Up con servicio de carga se sumaron a los vehículos menores a 3.8 t.,
- el transporte federal (Autobuses, Tractocamiones y Vehículos Mayores a 3.8 t), se considera como flota que circula en la ZMVM, no como parte de cada entidad.

En las siguientes tablas, se presenta la desagregación de la flota vehicular por tipo de vehículo, combustible y tecnología, de la ZMVM y de cada entidad:

Tabla 1. Distribución de la flota por tipo de combustible y tecnología en la ZMVM

Tipo de Vehículo	Gasolina	Diésel	GLP	GNC	Híbridos	Eléctricos	Total
Autos particulares	3,683,360	10,042	606	428	16,317	1,017	3,711,770
Camionetas SUV	1,102,608	3,514	167	16	1,611	176	1,108,092
Taxis	212,355	369	9	11	436	7	213,187
Vagonetas	52,742	8,679	66	5	N/A	N/A	61,492
Microbuses/Midibuses	7,612	262	18,764	98	N/A	N/A	26,736
Vehículos de carga hasta 3.8 t.	174,395	25,614	1,747	29	N/A	43	201,828
Tractocamiones		9,337	N/A	N/A	N/A	N/A	9,337
Autobuses	528	25,895	46	70	N/A	N/A	26,539
Vehículos de carga > a 3.8 t.	47,819	41,090	7,194	95	290	N/A	96,488
Motocicletas	544,870	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	544,870
MB/MXB	N/A	862	N/A	N/A	N/A	N/A	862
Total	5,826,289	125,664	28,599	752	18,654	1,243	6,001,201

N/A: No Aplica.

Tabla 2. Distribución de la flota por tipo de combustible y tecnología en la CDMX

Tipo de Vehículo	Gasolina	Diésel	GLP	GNC	Híbridos	Eléctricos	Total
Autos particulares	1,229,461	3,887	51	67	11,871	945	1,246,282
Camionetas SUV	304,834	770	7	14	854	169	306,648
Taxis	141,615	309	7	9	436	7	142,383
Vagonetas	8,970	4,940	19	N/A	N/A	N/A	13,929
Microbuses/Midibuses	1,803	19	18,544	93	N/A	N/A	20,459
Vehículos de carga hasta 3.8 t.	18,163	6,256	12	2	N/A	N/A	24,433
Tractocamiones	N/A	92	N/A	N/A	N/A	N/A	92
Autobuses	93	9,892	23	70	N/A	N/A	10,078
Vehículos de carga > a 3.8 t.	3,857	9,151	71	N/A	N/A	N/A	13,079
Motocicletas	280,320	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	280,320
MB	N/A	683	N/A	N/A	N/A	N/A	683
Total	1,989,116	35,999	18,734	255	13,161	1,121	2,058,386

N/A: No Aplica.

Tabla 3. Distribución de la flota por tipo de combustible y tecnología en el Estado de México

Tipo de Vehículo	Gasolina	Diésel	GLP	GNC	Híbridos	Eléctricos	Total
Autos particulares	2,033,925	6,131	555	361	4,441	71	2,045,484
Camionetas SUV	622,019	2,736	157	2	755	7	625,676
Taxis	70,423	60	2	2	N/A	N/A	70,487
Vagonetas	43,450	3,734	47	5	N/A	N/A	47,236
Microbuses/Midibuses	5,800	243	220	5	N/A	N/A	6,268
Vehículos de carga hasta 3.8 t.	149,101	19,214	1,593	27	N/A	43	169,978
Tractocamiones	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Autobuses	435	9,575	23	N/A	N/A	N/A	10,033
Vehículos de carga > a 3.8 t.	39,054	20,700	7,054	95	290	N/A	67,193
Motocicletas	263,715	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	263,715
MXB	N/A	179	N/A	N/A	N/A	N/A	179
Total	3,227,922	62,572	9,651	497	5,486	121	3,306,249

N/A: No Aplica.

Tabla 4. Distribución de la flota por tipo de combustible y tecnología en Tizayuca, Hidalgo

Tipo de Vehículo	Gasolina	Diésel	GLP	GNC	Híbridos	Eléctricos	Total
Autos particulares	13,325	24	N/A	N/A	5	1	13,355
Camionetas SUV	4,816	8	3	N/A	2	N/A	4,829
Taxis	317	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	317
Vagonetas	322	5	N/A	N/A	N/A	N/A	327
Microbuses/Midibuses	9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	9
Vehículos de carga hasta 3.8 t.	7,131	144	142	N/A	N/A	N/A	7,417
Tractocamiones	N/A	161	N/A	N/A	N/A	N/A	161
Autobuses	N/A	45	N/A	N/A	N/A	N/A	45
Vehículos de carga > a 3.8 t.	323	692	69	N/A	N/A	N/A	1,084
Motocicletas	835	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	835
MB/MXB	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Total	27,078	1,079	214	N/A	7	1	28,379

N/A: No Aplica.

Aun cuando el parque vehicular de la ZMVM tiene un rango de antigüedad de más de 35 años, fue necesario acotar la clasificación a 31 años modelo, ya que así lo requiere el modelo MOVES-CDMX. En las Tablas 5, 6 y 7 se muestra la flota por año modelo para cada entidad y la tabla 8 muestra la flota para la ZMVM:

Tabla 5. Flota vehicular por año modelo en la CDMX

Año Modelo	Número de vehículos											Total
	AP	TAX	SUV	VAN	MIC	V ≤ 3.8t	TRA	AUT	V > 3.8t	MC	MB	
1988 y ant.	3,614	3	532	46	93	74	16	8	234	2,474	N/A	7,094
1989	955	N/A	151	12	259	9	1	N/A	52	222	N/A	1,661
1990	1,545	1	158	30	2,072	51	N/A	14	208	306	N/A	4,385
1991	2,496	4	265	47	6,290	17	N/A	19	233	310	N/A	9,681
1992	2,915	14	343	125	8,821	36	N/A	22	76	492	N/A	12,844
1993	4,014	8	588	117	1,280	50	1	17	209	597	N/A	6,881
1994	4,158	1	840	58	304	92	3	14	196	555	N/A	6,221
1995	2,935	6	1,048	71	125	42	N/A	9	93	358	N/A	4,687
1996	2,175	1	1,753	59	12	55	N/A	4	79	332	N/A	4,470
1997	4,712	3	2,135	96	49	121	N/A	17	217	403	N/A	7,753
1998	9,534	14	3,447	122	119	245	3	24	188	719	N/A	14,415
1999	9,914	15	2,925	108	108	144	N/A	64	436	841	N/A	14,555
2000	14,790	14	3,883	179	192	431	2	481	413	1,508	N/A	21,893
2001	20,166	16	4,464	142	57	291	3	436	378	1,929	N/A	27,882
2002	22,503	10	5,255	145	148	291	N/A	683	735	2,631	N/A	32,401
2003	21,900	7	6,287	141	148	275	3	672	376	3,487	N/A	33,296
2004	27,718	21	7,225	180	154	332	3	735	408	3,777	N/A	40,553
2005	34,568	69	12,055	247	49	586	N/A	726	339	4,856	25	53,520
2006	32,494	119	12,659	507	19	649	7	1,211	430	7,301	1	55,397
2007	41,835	435	16,891	710	N/A	1,338	2	657	523	8,388	N/A	70,779
2008	47,485	5,835	16,949	769	12	1,397	8	808	877	11,799	89	86,028
2009	47,092	11,129	15,691	668	12	1,284	1	971	611	9,452	10	86,921
2010	52,258	7,408	16,980	675	31	1,017	1	59	308	13,246	2	91,985
2011	59,942	9,822	19,416	781	6	1,380	9	285	529	19,333	57	111,560
2012	81,879	10,499	19,675	776	32	1,525	2	148	411	26,049	89	141,085
2013	92,802	11,931	19,382	1,030	44	1,687	4	169	352	27,740	22	155,163
2014	89,077	13,419	21,416	1,219	6	1,682	N/A	217	345	36,393	41	163,815
2015	113,572	18,889	18,836	1,219	10	2,101	1	277	521	34,971	28	190,425
2016	113,250	19,095	17,774	862	2	1,672	N/A	754	628	52,500	112	206,649
2017	142,176	18,641	32,121	1,468	N/A	2,225	1	320	708	2,426	36	200,122
2018	141,808	14,954	25,504	1,320	5	3,334	21	257	1,966	4,925	171	194,265
Total	1,246,282	142,383	306,648	13,929	20,459	24,433	92	10,078	13,079	280,320	683	2,058,386

N/A: No Aplica.

AP: Autos particulares

TAX: Taxi

SUV: Camionetas SUV

VAN: Vagonetas

MIC: Microbuses/Midibuses

V≤3.8t: Vehículos de carga hasta 3.8 toneladas

TRA: Tractocamiones

AUT: Autobuses

V>3.8t: Vehículos mayores a 3.8 toneladas

MC: Motocicletas

MB: Metrobús

Tabla 6. Flota vehicular por año modelo en el Estado de México

Año Modelo	Número de vehículos											
	AP	TAX	SUV	VAN	MIC	V ≤ 3.8t	TRA	AUT	V > 3.8t	MC	MXB	Total
1988 y ant.	66,033	21	3,885	174	27	19,562	N/A	24	7,372	2,009	N/A	99,107
1989	14,912	10	1,234	48	9	2,729	N/A	10	902	218	N/A	20,072
1990	19,903	19	1,667	50	192	3,367	N/A	27	1,184	214	N/A	26,623
1991	24,197	21	3,297	112	334	3,807	N/A	18	1,966	222	N/A	33,974
1992	26,891	21	4,628	117	603	4,509	N/A	68	2,087	304	N/A	39,228
1993	24,500	29	8,289	122	102	5,011	N/A	15	2,181	309	N/A	40,558
1994	28,959	38	9,000	74	32	3,857	N/A	23	1,728	490	N/A	44,201
1995	19,494	28	14,297	74	18	3,401	N/A	6	1,192	595	N/A	39,105
1996	14,725	14	23,381	34	5	2,638	N/A	2	594	550	N/A	41,943
1997	27,540	56	19,802	69	9	4,525	N/A	21	1,231	349	N/A	53,602
1998	44,405	171	23,292	87	19	4,272	N/A	23	1,522	332	N/A	74,123
1999	40,299	158	16,835	62	56	3,564	N/A	54	2,171	398	N/A	63,597
2000	54,206	233	17,393	225	106	4,639	N/A	145	2,357	713	N/A	80,017
2001	68,204	631	17,662	285	133	4,015	N/A	220	2,179	837	N/A	94,166
2002	72,785	1,049	17,509	522	133	4,050	N/A	197	2,264	1,491	N/A	100,000
2003	68,220	928	18,863	683	220	4,113	N/A	311	2,226	1,862	N/A	97,426
2004	75,898	1,311	19,673	791	285	3,813	N/A	334	1,926	2,606	N/A	106,637
2005	88,671	1,561	28,313	1,295	289	3,906	N/A	416	2,077	3,469	N/A	129,997
2006	72,693	1,632	24,081	1,229	408	4,112	N/A	622	2,649	3,777	N/A	111,203
2007	84,202	2,266	27,112	3,147	471	5,452	N/A	934	2,137	4,851	N/A	130,572
2008	82,647	3,171	24,024	3,248	765	5,952	N/A	865	4,036	7,282	N/A	131,990
2009	65,301	2,978	16,611	2,413	532	5,508	N/A	794	1,867	8,338	N/A	104,342
2010	59,771	2,941	15,761	3,102	257	3,725	N/A	163	1,699	11,751	28	99,198
2011	67,323	3,342	15,471	2,847	462	4,996	N/A	562	2,575	9,428	52	107,058
2012	84,708	3,532	16,253	2,868	193	4,173	N/A	617	2,438	13,194	N/A	127,976
2013	95,916	3,601	23,547	2,533	115	5,478	N/A	423	1,828	19,281	N/A	152,722
2014	88,915	3,365	29,478	4,650	69	6,677	N/A	694	1,471	25,997	63	161,379
2015	108,659	5,141	32,875	3,382	106	5,898	N/A	943	2,073	27,582	11	186,670
2016	113,633	12,025	43,393	3,480	101	7,954	N/A	735	2,601	32,540	N/A	216,462
2017	168,259	12,388	52,823	5,499	123	9,268	N/A	496	2,474	32,445	N/A	283,775
2018	173,615	7,806	55,227	4,014	94	15,007	N/A	271	2,186	50,281	25	308,526
Total	2,045,484	70,487	625,676	47,236	6,268	169,978	N/A	10,033	67,193	263,715	179	3,306,249

N/A: No Aplica.

AP: Autos particulares

TAX: Taxi

SUV: Camionetas SUV

VAN: Vagonetas

MIC: Microbuses/Midibuses

V ≤ 3.8t: Vehículos de carga hasta 3.8 toneladas

TRA: Tractocamiones

AUT: Autobuses

V > 3.8t: Vehículos mayores a 3.8 toneladas

MC: Motocicletas

MXB: Mexibús

Tabla 7. Flota vehicular por año modelo en Tizayuca, Hidalgo

Año Modelo	Número de vehículos											Total
	AP	TAX	SUV	VAN	MIC	V ≤ 3.8t	TRA	AUT	V > 3.8t	MC	MB/MXB	
1988 y ant.	1,616	N/A	193	1	2	1,395	28	6	434	1	N/A	3,676
1989	295	N/A	34	N/A	N/A	261	6	1	34	1	N/A	632
1990	931	N/A	107	N/A	N/A	407	4	2	63	2	N/A	1,516
1991	1,144	N/A	193	1	1	550	15	5	80	1	N/A	1,990
1992	1,148	N/A	286	N/A	N/A	528	11	3	81	1	N/A	2,058
1993	767	N/A	474	N/A	N/A	642	9	2	66	2	N/A	1,962
1994	638	N/A	317	N/A	N/A	477	8	3	65	2	N/A	1,510
1995	349	N/A	471	N/A	N/A	358	2	1	32	N/A	N/A	1,213
1996	204	N/A	579	N/A	N/A	235	1	1	10	2	N/A	1,032
1997	237	N/A	349	N/A	N/A	330	2	2	24	1	N/A	945
1998	301	N/A	260	N/A	N/A	192	3	1	19	2	N/A	778
1999	251	N/A	102	N/A	N/A	160	7	2	18	2	N/A	542
2000	278	N/A	100	N/A	N/A	183	7	1	24	3	N/A	596
2001	376	N/A	104	1	N/A	153	10	1	24	N/A	N/A	669
2002	419	1	89	3	1	147	4	4	17	7	N/A	692
2003	353	N/A	86	1	N/A	109	7	3	6	1	N/A	566
2004	354	N/A	75	4	N/A	107	3	1	7	8	N/A	559
2005	479	N/A	99	4	N/A	110	7	N/A	10	8	N/A	717
2006	329	6	77	2	2	103	7	1	12	34	N/A	573
2007	330	8	93	23	N/A	99	2	N/A	14	26	N/A	595
2008	260	20	73	17	N/A	109	13	N/A	7	39	N/A	538
2009	176	14	53	8	N/A	93	2	2	8	20	N/A	376
2010	175	22	41	36	1	74	N/A	2	3	24	N/A	378
2011	162	14	54	21	1	108	2	N/A	2	33	N/A	397
2012	213	30	40	48	N/A	69	N/A	N/A	4	47	N/A	451
2013	251	35	62	34	1	61	N/A	N/A	4	61	N/A	509
2014	206	36	62	26	N/A	79	N/A	N/A	1	56	N/A	466
2015	302	35	76	22	N/A	51	1	1	2	69	N/A	559
2016	330	29	119	26	N/A	110	N/A	N/A	3	176	N/A	793
2017	339	60	124	43	N/A	90	N/A	N/A	9	191	N/A	856
2018	142	7	37	6	N/A	27	N/A	N/A	1	15	N/A	235
Total	13,355	317	4,829	327	9	7,417	161	45	1,084	835	N/A	28,379

N/A: No Aplica.

AP: Autos particulares

TAX: Taxi

SUV: Camionetas SUV

VAN: Vagonetas

MIC: Microbuses/Midibuses

V≤3.8t: Vehículos de carga hasta 3.8 toneladas

TRA: Tractocamiones

AUT: Autobuses

V>3.8t: Vehículos mayores a 3.8 toneladas

MC: Motocicletas

MB/MXB: Metrobús/Mexibús

Tabla 8. Flota vehicular por año modelo en la ZMVM

Año Modelo	Número de vehículos											
	AP	TAX	SUV	VAN	MIC	V ≤ 3.8t	TRA	AUT	V > 3.8t	MC	MB/MXB	Total
1988 y ant.	71,263	24	4,610	221	122	21,031	1,470	649	11,688	4,484	N/A	115,562
1989	16,162	10	1,419	60	268	2,999	116	87	1,137	441	N/A	22,699
1990	22,379	20	1,932	80	2,264	3,825	130	189	1,675	522	N/A	33,016
1991	27,837	25	3,755	160	6,625	4,374	197	235	2,652	533	N/A	46,393
1992	30,954	35	5,257	242	9,424	5,073	178	320	2,633	797	N/A	54,913
1993	29,281	37	9,351	239	1,382	5,703	198	192	2,892	908	N/A	50,183
1994	33,755	39	10,157	132	336	4,426	202	83	2,366	1,047	N/A	52,543
1995	22,778	34	15,816	145	143	3,801	127	46	1,531	953	N/A	45,374
1996	17,104	15	25,713	93	17	2,928	64	56	775	884	N/A	47,649
1997	32,489	59	22,286	165	58	4,976	167	147	1,709	753	N/A	62,809
1998	54,240	185	26,999	209	138	4,709	214	167	2,041	1,053	N/A	89,955
1999	50,464	173	19,862	170	164	3,868	235	324	3,048	1,241	N/A	79,549
2000	69,274	247	21,376	404	298	5,253	297	995	3,270	2,224	N/A	103,638
2001	88,746	647	22,230	428	190	4,459	345	914	3,094	2,766	N/A	123,819
2002	95,707	1,060	22,853	670	282	4,488	142	1,221	3,389	4,129	N/A	133,941
2003	90,473	935	25,236	825	368	4,497	195	1,183	2,975	5,350	N/A	132,037
2004	103,970	1,332	26,973	975	439	4,252	233	1,322	2,717	6,391	N/A	148,604
2005	123,718	1,630	40,467	1,546	338	4,602	386	1,425	2,850	8,333	25	185,320
2006	105,516	1,757	36,817	1,738	429	4,864	407	2,031	3,562	11,112	1	168,234
2007	126,367	2,709	44,096	3,880	471	6,889	512	1,859	3,260	13,265	N/A	203,308
2008	130,392	9,026	41,046	4,034	777	7,458	500	1,832	5,694	19,120	89	219,968
2009	128,894	14,121	38,052	3,089	544	6,885	421	1,868	2,943	17,810	10	214,637
2010	130,228	10,371	39,049	3,813	289	4,816	111	450	2,281	25,021	30	216,459
2011	149,614	13,178	43,272	3,649	469	6,484	208	1,050	3,485	28,794	109	250,312
2012	199,539	14,061	45,934	3,692	225	5,767	288	934	3,292	39,290	89	313,111
2013	228,970	15,567	57,253	3,597	160	7,226	308	812	2,526	47,082	22	363,523
2014	222,318	16,820	72,998	5,895	75	8,438	286	1,133	2,095	62,446	104	392,608
2015	280,188	24,065	84,742	4,623	116	8,050	248	1,405	2,955	62,622	39	469,053
2016	296,705	31,149	92,407	4,368	103	9,736	281	1,818	3,637	85,216	112	525,532
2017	384,408	31,089	116,343	7,010	123	11,583	305	1,074	3,663	35,062	36	590,696
2018	348,037	22,767	89,791	5,340	99	18,368	566	718	4,653	55,221	196	545,756
Total	3,711,770	213,187	1,108,092	61,492	26,736	201,828	9,337	26,539	96,488	544,870	862	6,001,201

N/A: No Aplica.

Nota: En esta tabla se resume la flota de la ZMVM, la cual incluye los vehículos con placas de otras entidades federativas, pero que circulan en la ZMVM. También se contabilizan vehículos con placa federal, estimados a partir de aforos de la SCT en las entradas de la ZMVM por carreteras de cuota.

AP: Autos particulares

TAX: Taxi

SUV: Camionetas SUV

VAN: Vagonetas

MIC: Microbuses/Midibuses

V ≤ 3.8t: Vehículos de carga hasta 3.8 toneladas

TRA: Tractocamiones

AUT: Autobuses

V > 3.8t: Vehículos mayores a 3.8 toneladas

MC: Motocicletas

MB/MXB: Metrobús/Mexibús

A continuación, se presentan los tipos de vehículos y su homologación para la estimación de emisiones con el modelo MOVES-México.

Tabla 9. Clasificación vehicular

Source Type Name	MOVESID	Tipo de Vehículo
Motorcycle	11	Motocicletas
Passenger Car	21	Autos particulares
Taxis	22	Taxis
Passenger Truck	31	Camionetas SUV
		Pick up
		Vagonetas
Light Commercial Truck	32	Vehículos ≤ 3.8 t.
Intercity Bus	41	Turismo
		Pasaje
Transit Bus	42	Autobuses RTP
School Bus	43	Autobuses escolares
Microbuses	44	Microbuses colectivos
Metrobus	45	Metrobús
Single Unit Short-haul Truck	52	Vehículos > 3.8 t. locales
Single Unit Long-haul Truck	53	Vehículos > 3.8 t. federales
Combination Short-haul Truck	61	Tractocamiones locales
Combination Long-haul Truck	62	Tractocamiones federales

Actividad vehicular

Para el cálculo de las emisiones de las fuentes móviles, la actividad vehicular consiste en los Kilómetros Recorridos por los Vehículos (KRV); los cuales se estiman a partir de los kilómetros recorridos en un día, el número de días que circulan al año y el número de vehículos clasificados por año modelo. Los kilómetros recorridos al año varían de acuerdo con el tipo de vehículo, al año modelo y al holograma de los vehículos, este holograma es otorgado según lo establecido en el Programa de Verificación Vehicular Obligatorio (PVVO) vigente para el año de modelación en función del nivel de emisiones que presenten las unidades.

En los KRV, para el año 2018, se toma en cuenta que los vehículos con holograma 2 dejan de circular un día entre semana y descansan todos los sábados por lo que sólo circularon 261 días al año. Los vehículos con holograma 1 circularon 289 días, ya que dejan de circular un día entre semana y dos sábados de cada mes, esto de acuerdo con lo establecido en el programa Hoy No Circula (HNC) vigente.

Finalmente, los vehículos que portan los hologramas cero y doble cero circulan los 365 días del año, debido a que no tienen ninguna restricción para circular. La Tabla 10 muestra los datos de actividad utilizados para los vehículos particulares y la actividad para el resto de los vehículos. Para el Inventario de Emisiones 2018 se consideraron 365 días de circulación para autos particulares, pick up y camionetas SUV³⁹.

³⁹ Considerando que los kilómetros recorridos de los H1 y H2 están implícitos en los datos de las lecturas acumuladas de los odómetros.

Tabla 10. Actividad de la flota vehicular de la ZMVM

Tipo de Vehículo	km/día
Autobuses RTP Día Hábil ³	192
Autobuses RTP Día Inhabil ³	233
Autobuses concesionados ³	192
Autobuses foráneos ⁴	58
Autobuses-vagonetas escolares	80
Vagonetas ²	200
Microbuses ²	200
Vehículos > 3.8 t. ⁵	62.8
Vehículos ≤ 3.8 t. ⁵	65.41
Motocicletas ²	79
Taxis ²	200
Metrobús L-V ⁶	274.29
Metrobús día Sábado ⁶	280
Metrobús domingo- días festivos ⁶	295.55
Vehículos pesados federales	125.6

1. ERG-SEDEMA (2017). Actualización de factores de emisión y datos de actividad para mejorar la estimación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero y contaminantes criterio de los vehículos de la Ciudad de México. - Ciudad de México, México.
2. COMETRAVI (1997). Definición de políticas de modernización, inspección, sustitución, eliminación definitiva, adaptación de vehículos y combustibles alternos. México, D.F.
3. GCDMX (2018). Sexto Informe de Gobierno de la Ciudad de México, Anexo Estadístico. Gobierno de la Ciudad de México (GCDMX).
4. SEDEMA (2020). Determinación propia con datos de aforos vehiculares 2018 (SCT, 2019).
5. EIMTCA-MAVM (2006). Proyecto de realización del estudio matriz origen-destino para el transporte de carga, Informe Final.
6. GCDMX (2018). Sexto Informe de Gobierno de la Ciudad de México, Anexo Estadístico. Programas del Servicio del Metrobús. Gobierno de la Ciudad de México (GCDMX).

Año modelo	Tipo de Vehículo (Km/día) ¹		
	Automóvil	Pick Up	SUV
1979 y ant.	10	10	10
1980	10	10	10
1981	10	10	10
1982	10	10	10
1983	10	10	10
1984	10	10	10
1985	10	10	10
1986	10	10	11
1987	10	10	11
1988	10	10	12
1989	10	10	10
1990	12	12	10
1991	13	12	10
1992	13	12	13
1993	13	12	13
1994	15	12	15
1995	16	18	14
1996	15	18	14
1997	17	18	14
1998	16	18	15
1999	16	18	16
2000	18	18	16
2001	18	21	19
2002	19	21	19
2003	19	21	20
2004	19	22	21
2005	21	22	22
2006	22	23	22
2007	24	25	23
2008	23	26	23
2009	25	26	23
2010	26	26	25
2011	27	26	26
2012	28	28	27
2013	30	31	28
2014	30	33	29
2015	31	35	29
2016	32	35	30
2017	33	37	31
2018	33	39	31

Con los datos del recorrido diario, los días al año y el número de vehículos por año modelo, se obtuvieron los kilómetros recorridos (KRV) por tipo de vehículo, año modelo y combustible, a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación 2. Cálculo de los kilómetros recorridos (KRV)

$$KRV_{ij} = (KD_j) * (NV_{ij}) * (D_{Ti})$$

Donde:

KRV_{ij} = Kilómetros recorridos por el tipo de vehículo i, del año modelo j [km/año]

KD_j = Kilómetros recorridos al día por el tipo de vehículo i [km/día]

NV_{ij} = Número de vehículos del tipo i, del año modelo j

D_{Ti} = Días por año en que circulan los vehículos del tipo i [días/año]

A continuación, se muestra el ejemplo de cálculo de los KRV para un vehículo ≤ a 3.8 toneladas a gasolina, año modelo 1993, con holograma dos en la CDMX:

Tabla 11. Ejemplo de cálculo para obtener KRV de vehículo ≤ a 3.8 t

Variable	Ciudad de México	
	Valor	Descripción
KD _j [km/día]	65.41	Dato para vehículo ≤ a 3.8 t, año modelo 1993.
Vehículos	13	Número de vehículos correspondiente a los vehículos ≤ a 3.8 toneladas a gasolina año modelo 1993 de la Ciudad de México, que obtuvieron Holograma 2 en el PVVO, estos vehículos son una fracción de la flota que se presenta en la Tabla 5.
D _{Ti} [días/año]	261	Días totales de circulación al año.

Sustituyendo los valores anteriores, tenemos:

$$KRV \leq a 3.8t, 1993 = \left(65.41 \frac{\text{km}}{\text{día}}\right) * (13 \text{ vehículos}) * \left(261 \frac{\text{días}}{\text{año}}\right) = 221,936 \text{ km /año}$$

Al aplicar la ecuación anterior por holograma, uso del vehículo (particular o intensivo), tipo de vehículo, combustible, y año modelo, se obtuvieron los KRV totales para cada entidad, los cuales se muestran en las Tablas 13, 14, 15 y 16. Los datos de la actividad se presentan en millones de kilómetros recorridos para facilitar su visualización.

Cabe mencionar que la flota con placa local de los vehículos de transporte de carga pesada, se desagregaron en grupos, considerando que hay un porcentaje de ellos que circula diaria, semanal, quincenal y mensualmente. Esta desagregación de flota se obtuvo aplicando los porcentajes de la Tabla 12, que derivan del análisis realizado al Estudio Integral Metropolitano del Transporte de Carga y Medio Ambiente para el Valle de México, elaborado por la UNAM en 2006. En el caso de los vehículos de transporte de carga pesada y tractocamiones con placa federal se consideraron 365 días de circulación.

Tabla 12. Distribución porcentual de flota local y días de operación

Días/año	Frecuencia de operaciones	Vehículos con placa local
365	Diario	48.8%
52	Semanal	41.9%
26	Quincenal	
12	Mensual	
12	De vez en cuando	9.3%

Tabla 13. KRV por tipo de vehículo y año modelo para la CDMX

Año Modelo	Millones de Kilómetros recorridos al año (KRV)											Total
	AP	TAX	SUV	VAN	MIC	V ≤ 3.8t	TRA	AUT	V > 3.8t	MC	MB	
1988 y ant.	21.90	0.06	2.61	1.98	5.60	1.26	0.26	0.15	3.41	61.17	N/A	98
1989	5.67	N/A	0.85	0.64	14.89	0.15	N/A	N/A	0.66	5.49	N/A	28
1990	9.27	0.02	0.89	1.30	123.76	0.87	N/A	0.55	2.83	7.57	N/A	147
1991	15.90	0.07	1.51	2.48	377.88	0.29	N/A	0.58	3.02	7.67	N/A	409
1992	19.07	0.21	2.32	6.31	530.55	0.61	N/A	0.83	0.96	12.17	N/A	573
1993	27.64	0.17	4.10	5.71	77.06	0.85	0.02	0.43	2.77	14.76	N/A	134
1994	28.46	0.01	6.10	2.53	18.30	1.62	0.05	0.58	2.88	13.72	N/A	74
1995	20.55	0.13	8.05	2.75	7.53	0.77	N/A	0.27	1.32	8.85	N/A	50
1996	16.35	0.01	14.12	2.27	0.72	1.01	N/A	0.08	1.22	8.21	N/A	44
1997	37.91	0.06	17.16	3.62	2.95	2.24	0.02	0.87	3.56	9.96	N/A	78
1998	82.28	0.28	28.92	3.83	7.16	4.55	0.05	0.89	3.58	17.78	N/A	149
1999	81.81	0.30	24.75	4.71	6.50	2.65	N/A	3.17	8.00	20.80	N/A	153
2000	133.00	0.30	32.56	6.88	11.56	7.90	0.04	26.45	7.65	37.29	N/A	264
2001	188.51	0.28	39.64	5.47	3.43	5.47	0.05	24.42	7.07	47.70	N/A	322
2002	218.20	0.22	49.40	5.47	8.91	5.44	N/A	37.42	13.88	65.06	N/A	404
2003	224.03	0.15	62.60	5.61	8.91	5.18	0.05	38.25	7.19	86.22	N/A	438
2004	299.14	0.45	73.38	7.54	9.27	6.28	0.05	40.62	7.92	93.39	N/A	538
2005	377.18	1.52	126.82	10.37	2.95	11.31	N/A	40.99	6.48	120.07	1.68	699
2006	362.05	3.43	133.74	19.65	1.14	14.35	0.13	68.28	8.28	180.53	0.08	792
2007	480.46	23.57	181.72	32.20	N/A	29.70	0.04	37.14	9.93	207.41	N/A	1,002
2008	565.12	372.47	187.70	34.52	0.75	31.54	0.14	50.36	16.88	291.75	6.09	1,557
2009	567.18	726.23	173.39	29.56	0.72	29.77	0.02	56.80	11.83	233.72	0.64	1,830
2010	666.76	494.44	199.41	34.71	1.89	23.92	0.02	2.95	5.96	327.53	0.17	1,758
2011	1,005.56	653.97	279.10	33.67	0.36	32.34	0.17	17.51	10.11	478.05	3.82	2,515
2012	1,370.25	711.83	282.82	35.25	1.95	35.83	0.03	8.06	7.96	644.11	6.02	3,104
2013	1,553.73	812.25	278.61	40.04	2.71	39.61	0.09	9.55	6.73	685.93	1.50	3,431
2014	1,490.04	914.62	307.84	57.52	0.37	39.62	N/A	11.73	6.67	899.89	2.74	3,731
2015	1,903.10	1,281.32	270.75	44.65	0.61	49.66	0.02	16.98	10.02	864.73	1.92	4,444
2016	1,900.07	1,308.02	255.49	31.11	0.12	39.31	N/A	41.98	11.80	1,298.17	7.66	4,894
2017	2,384.75	1,251.79	461.61	59.13	N/A	52.93	0.02	15.57	13.58	59.99	2.48	4,302
2018	2,372.45	1,026.82	366.28	47.03	0.30	73.55	0.34	10.96	33.09	121.78	11.63	4,064
Total	18,428	9,585	3,874	579	1,229	551	2	564	237	6,931	46	42,027

N/A: No Aplica.

AP: Autos particulares
 TAX: Taxi
 SUV: Camionetas SUV
 VAN: Vagonetas

MIC: Microbuses/Midibuses
 V≤3.8t: Vehículos de carga hasta 3.8 toneladas
 TRA: Tractocamiones
 AUT: Autobuses

V>3.8t: Vehículos mayores a 3.8 toneladas
 MC: Motocicletas
 MB: Metrobús

Tabla 14. KRV por tipo de vehículo y año modelo para el Estado de México

Año Modelo	Millones de Kilómetros recorridos al año (KRV)											Total
	AP	TAX	SUV	VAN	MIC	V ≤ 3.8t	TRA	AUT	V > 3.8t	MC	MXB	
1988 y ant.	406.41	1.26	19.08	9.68	1.63	333.97	N/A	0.80	144.08	49.68	N/A	967
1989	89.81	0.60	6.91	2.85	0.54	46.59	N/A	0.37	17.63	5.39	N/A	171
1990	121.71	1.14	9.43	2.88	11.56	57.48	N/A	1.43	23.12	5.29	N/A	234
1991	155.81	1.13	18.71	6.62	20.11	64.99	N/A	0.70	38.43	5.49	N/A	312
1992	180.48	1.26	31.22	6.70	36.18	76.98	N/A	3.51	40.77	7.52	N/A	385
1993	172.31	1.71	57.76	7.13	6.10	85.55	N/A	0.66	42.69	7.64	N/A	382
1994	201.42	2.29	65.30	4.28	1.93	72.72	N/A	1.20	33.75	12.12	N/A	395
1995	140.03	1.69	109.81	4.29	1.08	64.09	N/A	0.30	23.26	14.71	N/A	359
1996	112.23	0.84	188.20	1.46	0.30	49.72	N/A	0.03	11.59	13.60	N/A	378
1997	223.38	3.37	159.04	3.78	0.54	85.27	N/A	1.13	24.06	8.63	N/A	509
1998	386.21	10.29	195.26	4.94	1.14	80.51	N/A	1.16	29.74	8.21	N/A	717
1999	337.55	9.46	142.40	3.69	3.37	67.17	N/A	2.91	42.38	9.84	N/A	619
2000	490.18	13.92	145.82	13.28	6.38	87.44	N/A	8.20	46.05	17.63	N/A	829
2001	638.99	37.88	156.74	16.85	8.01	75.71	N/A	11.82	42.52	20.70	N/A	1,009
2002	705.94	63.10	164.45	30.98	8.01	76.37	N/A	10.82	44.30	36.87	N/A	1,141
2003	699.06	55.87	187.66	40.85	13.24	77.55	N/A	17.27	43.51	46.04	N/A	1,181
2004	821.60	78.79	199.65	47.32	17.16	71.90	N/A	18.89	37.71	64.44	N/A	1,357
2005	972.15	93.84	297.56	77.69	17.40	73.65	N/A	23.25	40.66	85.78	N/A	1,682
2006	816.39	105.55	254.18	77.49	25.19	94.14	N/A	35.30	51.77	93.39	N/A	1,553
2007	972.92	150.46	291.45	203.67	29.24	126.01	N/A	53.55	41.85	119.95	N/A	1,989
2008	991.10	211.06	265.84	211.69	47.67	140.79	N/A	51.30	78.89	180.06	N/A	2,178
2009	795.14	198.80	183.43	157.42	33.19	130.51	N/A	47.03	36.52	206.17	N/A	1,788
2010	770.43	196.50	184.92	202.55	16.12	88.18	N/A	9.66	33.16	290.57	2.31	1,794
2011	1,142.51	223.16	222.18	185.78	28.84	118.33	N/A	33.36	50.34	233.13	4.37	2,242
2012	1,428.56	235.59	233.41	186.90	12.08	98.87	N/A	36.54	47.63	326.25	N/A	2,606
2013	1,615.13	240.58	338.18	164.73	7.23	129.86	N/A	25.15	35.71	476.76	N/A	3,033
2014	1,500.99	225.08	423.35	304.02	4.35	158.15	N/A	41.53	28.78	642.83	4.56	3,334
2015	1,826.66	341.56	472.13	218.24	6.66	139.80	N/A	56.47	40.52	682.02	0.82	3,785
2016	1,915.08	792.75	623.19	226.56	6.35	188.47	N/A	44.08	50.94	804.62	N/A	4,652
2017	2,837.94	801.88	758.63	356.97	7.76	219.62	N/A	29.60	49.04	802.27	N/A	5,864
2018	2,922.51	521.85	793.14	255.97	5.93	355.80	N/A	15.88	44.39	1,243.30	2.14	6,161
Total	26,391	4,623	7,199	3,037	385	3,536	N/A	584	1,316	6,521	14	53,606

N/A: No Aplica.

AP: Autos particulares

TAX: Taxi

SUV: Camionetas SUV

VAN: Vagonetas

MIC: Microbuses/Midibuses

V≤3.8t: Vehículos de carga hasta 3.8 toneladas

TRA: Tractocamiones

AUT: Autobuses

V>3.8t: Vehículos mayores a 3.8 toneladas

MC: Motocicletas

MXB: Mexibús

Tabla 15. KRV por tipo de vehículo y año modelo para Tizayuca, Hidalgo

Año Modelo	Millones de Kilómetros recorridos al año (KRV)											
	AP	TAX	SUV	VAN	MIC	V ≤ 3.8t	TRA	AUT	V > 3.8t	MC	MB/MXB	Total
1988 y ant.	8.17	N/A	0.90	0.07	0.12	33.31	0.64	0.37	8.53	0.02	N/A	52
1989	1.74	N/A	0.19	N/A	N/A	6.23	0.14	0.07	0.67	0.02	N/A	9
1990	5.56	N/A	0.61	N/A	N/A	9.72	0.09	0.14	1.24	0.05	N/A	17
1991	7.32	N/A	1.10	0.07	0.06	13.13	0.34	0.35	1.57	0.02	N/A	24
1992	7.49	N/A	1.95	N/A	N/A	12.61	0.25	0.21	1.59	0.02	N/A	24
1993	5.30	N/A	3.33	N/A	N/A	15.33	0.21	0.14	1.30	0.05	N/A	26
1994	4.36	N/A	2.32	N/A	N/A	11.39	0.18	0.10	1.28	0.05	N/A	20
1995	2.43	N/A	3.65	N/A	N/A	8.55	0.05	0.07	0.63	N/A	N/A	15
1996	1.54	N/A	4.70	N/A	N/A	5.61	0.02	0.07	0.20	0.05	N/A	12
1997	1.92	N/A	2.83	N/A	N/A	7.88	0.05	0.14	0.47	0.02	N/A	13
1998	2.61	N/A	2.20	N/A	N/A	4.58	0.07	0.07	0.37	0.05	N/A	10
1999	2.08	N/A	0.87	N/A	N/A	3.82	0.16	0.04	0.36	0.05	N/A	7
2000	2.52	N/A	0.85	N/A	N/A	4.37	0.16	0.02	0.48	0.07	N/A	8
2001	3.55	N/A	0.93	0.07	N/A	3.65	0.23	0.07	0.49	N/A	N/A	9
2002	4.11	0.07	0.84	0.22	0.06	3.51	0.09	0.08	0.34	0.17	N/A	9
2003	3.65	N/A	0.86	0.07	N/A	2.60	0.16	0.11	0.12	0.02	N/A	8
2004	3.85	N/A	0.77	0.29	N/A	2.55	0.07	0.02	0.14	0.20	N/A	8
2005	5.26	N/A	1.05	0.29	N/A	2.63	0.16	N/A	0.20	0.20	N/A	10
2006	3.67	0.44	0.82	0.15	0.12	2.46	0.16	0.02	0.24	0.84	N/A	9
2007	3.81	0.58	1.01	1.68	N/A	2.36	0.05	N/A	0.28	0.64	N/A	10
2008	3.11	1.46	0.81	1.24	N/A	2.60	0.30	N/A	0.14	0.96	N/A	11
2009	2.12	1.02	0.59	0.58	N/A	2.22	0.05	0.14	0.16	0.49	N/A	7
2010	2.24	1.61	0.48	2.63	0.06	1.77	N/A	0.14	0.06	0.59	N/A	10
2011	2.72	1.02	0.78	1.53	0.06	2.58	0.05	N/A	0.04	0.82	N/A	10
2012	3.58	2.19	0.58	3.50	N/A	1.65	N/A	N/A	0.08	1.16	N/A	13
2013	4.21	2.56	0.90	2.48	0.06	1.46	N/A	N/A	0.08	1.51	N/A	13
2014	3.46	2.63	0.90	1.90	N/A	1.89	N/A	N/A	0.02	1.38	N/A	12
2015	5.07	2.56	1.10	1.61	N/A	1.22	0.02	0.07	0.04	1.71	N/A	13
2016	5.54	2.12	1.72	1.90	N/A	2.63	N/A	N/A	0.06	4.35	N/A	18
2017	5.69	4.38	1.80	3.14	N/A	2.15	N/A	N/A	0.18	4.72	N/A	22
2018	2.38	0.51	0.54	0.44	N/A	0.64	N/A	N/A	0.02	0.37	N/A	5
Total	121	23	42	24	1	177	4	2	21	21	N/A	436

N/A: No Aplica.

AP: Autos particulares
 TAX: Taxi
 SUV: Camionetas SUV
 VAN: Vagonetas

MIC: Microbuses/Midibuses
 V≤3.8t: Vehículos de carga hasta 3.8 toneladas
 TRA: Tractocamiones
 AUT: Autobuses

V>3.8t: Vehículos mayores a 3.8 toneladas
 MC: Motocicletas
 MB/MXB: Metrobús/Mexibús

Tabla 16. KRV por tipo de vehículo y año modelo en la ZMVM

Año Modelo	Millones de Kilómetros recorridos al año (KRV)											Total
	AP	TAX	SUV	VAN	MIC	V ≤ 3.8t	TRA	AUT	V > 3.8t	MC	MB/MXB	
1988 y ant.	436.48	1.33	22.59	11.74	7.34	368.53	66.28	14.20	323.26	110.88	N/A	1,363
1989	97.21	0.60	7.95	3.49	15.43	52.97	5.13	2.04	25.78	10.90	N/A	222
1990	136.54	1.16	10.93	4.18	135.32	68.07	5.87	5.20	37.28	12.91	N/A	417
1991	179.03	1.20	21.32	9.17	398.04	78.41	8.69	5.71	60.11	13.18	N/A	775
1992	207.04	1.47	35.48	13.01	566.74	90.20	7.91	9.33	61.16	19.71	N/A	1,012
1993	205.26	1.88	65.19	12.84	83.16	101.73	8.84	4.56	66.75	22.45	N/A	573
1994	234.24	2.29	73.72	6.81	20.23	85.73	8.99	2.79	55.19	25.89	N/A	516
1995	163.02	1.81	121.51	7.05	8.61	73.41	5.78	1.28	35.01	23.56	N/A	441
1996	130.12	0.85	207.03	3.73	1.02	56.34	2.91	1.22	17.22	21.86	N/A	442
1997	263.21	3.43	179.03	7.39	3.49	95.40	7.63	4.40	38.96	18.62	N/A	622
1998	471.11	10.58	226.37	8.77	8.31	89.64	9.66	4.63	48.00	26.04	N/A	903
1999	421.44	9.76	168.02	8.40	9.87	73.64	10.61	10.43	70.14	30.69	N/A	813
2000	625.70	14.22	179.22	20.16	17.94	99.71	13.40	42.43	76.00	54.99	N/A	1,144
2001	831.05	38.17	197.31	22.39	11.44	84.83	15.50	41.72	73.60	68.39	N/A	1,384
2002	928.25	63.39	214.69	36.67	16.98	85.31	6.42	55.44	75.62	102.10	N/A	1,585
2003	926.74	56.02	251.12	46.53	22.15	85.34	8.70	59.79	67.64	132.29	N/A	1,656
2004	1,124.59	79.24	273.79	55.15	26.43	80.73	10.52	64.85	63.00	158.03	N/A	1,936
2005	1,354.59	95.36	425.42	88.36	20.35	87.58	17.54	70.21	66.77	206.05	1.68	2,434
2006	1,182.11	109.41	388.75	97.29	26.45	110.95	18.30	107.76	81.88	274.77	0.08	2,398
2007	1,457.20	174.62	474.18	237.55	29.24	158.07	23.37	96.35	78.93	328.00	N/A	3,058
2008	1,559.32	584.99	454.36	247.45	48.41	174.93	22.40	105.01	131.41	472.78	6.09	3,807
2009	1,561.15	926.06	420.84	187.57	33.91	162.50	19.23	106.10	69.46	440.39	0.64	3,928
2010	1,669.81	692.55	458.96	239.89	18.08	113.87	5.06	17.52	51.60	618.69	2.49	3,889
2011	2,523.31	878.16	622.67	220.98	29.26	153.25	9.24	55.15	77.86	711.99	8.20	5,290
2012	3,352.08	949.60	661.10	225.65	14.03	136.35	13.14	48.17	75.80	971.52	6.02	6,453
2013	3,844.69	1,055.38	824.18	207.26	10.00	170.93	14.03	39.35	58.20	1,164.20	1.50	7,390
2014	3,735.26	1,142.33	1,051.21	363.44	4.72	199.66	13.11	57.94	48.21	1,544.10	7.30	8,167
2015	4,702.85	1,625.43	1,221.11	264.50	7.28	190.68	11.32	77.41	67.04	1,548.45	2.73	9,719
2016	4,987.46	2,102.89	1,330.98	259.57	6.47	230.41	12.88	93.00	81.37	2,107.14	7.66	11,220
2017	6,464.69	2,058.06	1,674.85	419.23	7.76	274.70	13.95	50.62	84.44	866.98	2.48	11,918
2018	5,842.54	1,549.18	1,290.59	303.44	6.23	429.99	25.33	30.85	100.43	1,365.45	13.77	10,958
Total	51,618	14,231	13,555	3,640	1,615	4,264	422	1,285	2,268	13,473	61	106,431

N/A: No Aplica.

Nota: En esta tabla se resumen los KRV estimados para la ZMVM, se incluyen los KRV de los vehículos con placas de otras entidades federativas, pero que circulan en la ZMVM. También se contabilizan los KRV de vehículos con placa federal.

AP: Autos particulares
 TAX: Taxi
 SUV: Camionetas SUV
 VAN: Vagonetas

MIC: Microbuses/Midibuses
 V≤3.8t: Vehículos de carga hasta 3.8 toneladas
 TRA: Tractocamiones
 AUT: Autobuses

V>3.8t: Vehículos mayores a 3.8 toneladas
 MC: Motocicletas
 MB/MXB: Metrobús/Mexibús

Modelación con MOVES-CDMX

En la modelación del software MOVES-CDMX se realizaron corridas de inventario, con la opción de Onroad; para correr el modelo se seleccionó la escala de County que se refiere a un municipio o alcaldía en específico.

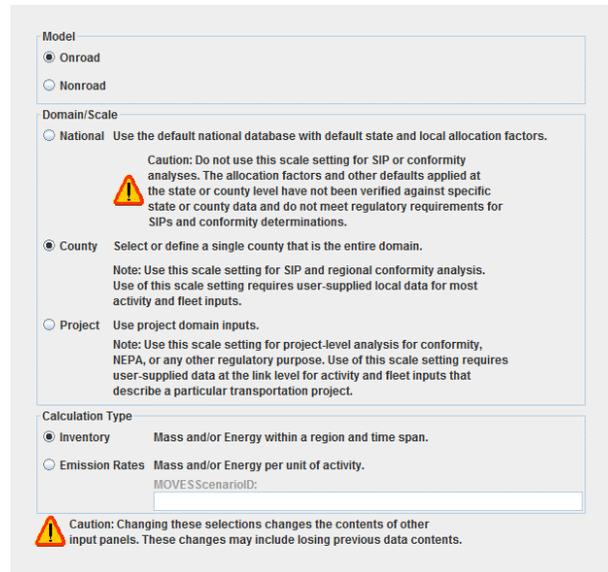


Figura 1. Captura de pantalla del modelo MOVES-CDMX en selección de escala

La información necesaria para el cálculo de emisiones de cada corrida se alimenta en el software mediante tablas de Excel. La siguiente tabla muestra la información necesaria para cada corrida.

Tabla 17. Información proporcionada al MOVES-CDMX

Tema	Tabla	Contenido
Clasificación vehicular	SourceTypeYear	Cantidad de vehículos considerando la clasificación vehicular
	SourceTypeAgeDistribution	Distribución de las edades de los vehículos según su año modelo
	SourceTypeYearVMT	Dato de actividad de kilómetros recorridos por tipo de vehículo
Características de los combustibles	AVFT	Distribución de los vehículos según su combustible utilizado
	FuelFormulation	Características físicas y químicas de los combustibles
Distribuciones horarias	FuelSupply	Información sobre consumo anual de los combustibles
	HourVMTFraction	Distribución horaria del tráfico vehicular
	DayVMTFraction	Distribución diaria (día laboral / fin de semana) del tráfico vehicular
Distribución por tipo de camino	MonthVMTFraction	Distribución mensual del tráfico vehicular
	RoadTypeDistribution	Distribución vehicular por tipo de camino
Distribución de la velocidad	AvgSpeedDistribution	Distribución de velocidad horaria por tipo de camino y vehículo
Programa de verificación vehicular	IMCoverage	Información sobre el programa de verificación vehicular
Meteorología	ZoneMonthHour	Promedios horarios mensuales de temperatura y humedad relativa

Las tablas *FuelFormulation*, *FuelSupply*, *HourVMTFraction*, *DayVMTFraction* y *MonthVMTFraction* son únicas para todas las corridas. La información meteorológica cambia para cada entidad (*ZoneMonthHour*), y el resto de las demás tablas tendrán valores diferentes dependiendo de los vehículos a modelar.

La información anterior es ingresada al modelo en esta sección del modelo:

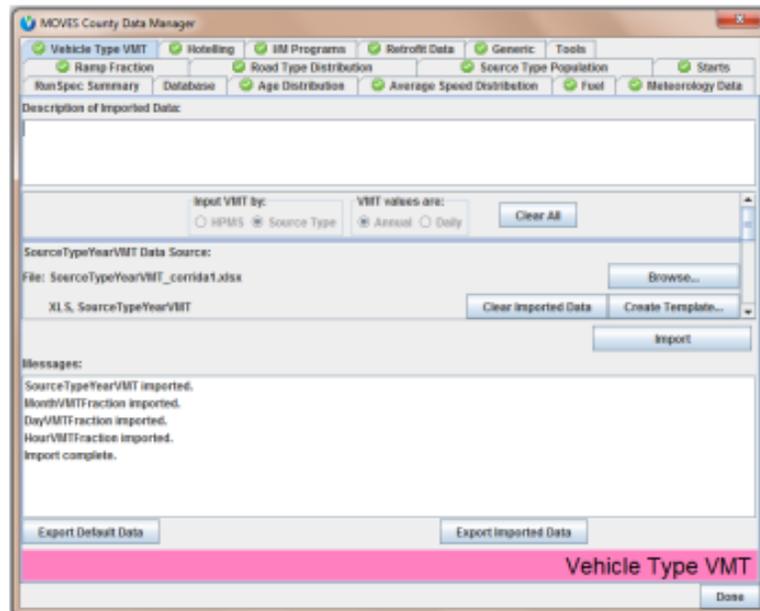


Figura 2. Administración de tablas de entrada en el modelo MOVES-CDMX

Factores de emisión

Para este inventario se usaron de factores de emisión de CO₂ locales para vehículos a gas natural y gas L. P⁴⁰. En las siguientes tablas se muestran los factores de emisión empleados en el cálculo de emisiones para los vehículos que utilizan combustibles alternos (GLP y GN).

Considerando que los factores están dados para hidrocarburos no metánicos (HCNM) y metano (CH₄), los hidrocarburos totales se obtienen al sumar las emisiones de éstos. Los factores de emisión están dados en gramos por kilómetro recorrido (g/km).

Tabla 18. Factores de emisión HNCM, CO₂, CO y NOx para vehículos a GN y GLP

Combustible	Tipo de vehículo	Año modelo	Factores de emisión [g/km]			
			HCNM	CO ₂ ¹	CO	NOx
GLP	AP/TAX/SUV/VAN/PU/V≤3.8	1992 y ant.	3.50	367.2	8.00	2.10
		1993-2018	0.25	175.3	0.30	0.50
	MIC/V>3.8/AUT	1998 y ant.	8.00	1052.1	24.0	5.70
		1999-2018	0.70	716.8	1.00	2.60
GN	AP/TAX/SUV/VAN/PU/V≤3.8	1992 y ant.	0.50	314	4.00	2.10
		1993-2018	0.05	136.9	0.30	0.50
	MIC/V>3.8/TRA/AUT	1998 y ant.	1.40	926.6	12.0	5.70
		1999-2018	0.20	566.2	1.00	2.60

Fuentes: IPCC (1996). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Vol.3 Cap. Energy Pages 81-94. Consultado en: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/ch1ref5.pdf>

¹INECC, 2014. Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México. Tabla 22. Consultado en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110131/CGCCDBC_2014_FE_tipos_combustibles_fosiles.pdf.

⁴⁰ Estudio que llevó a cabo el INECC junto con el IMP para determinar factores de emisión de CO₂, de los principales combustibles que se consumen en México en los sectores energético, transporte, industrial, comercial y residencial; así los factores de emisión para estos combustibles.

Tabla 19. Factores de emisión de NH₃ para vehículos a GN y GLP

Tipo de vehículo	Factores de emisión [g/km]	
	GN	GLP
AP/TAX/SUV/VAN/PU/V≤3.8	0.01305	0.12883
MIC/V>3.8	0.03915	

Fuente: Durbin, T. D., Norbeck, J. M. and Huai, T. (2001). Investigation of Emission Rates of Ammonia and Other Toxic and Low-Level Compounds Using FTIR. Center for Environmental Research and Technology, University of California USA.

Tabla 20. Factores de emisión de CH₄ y N₂O para GN y GLP

Combustible	Tipo de vehículo	Factores de emisión [g/km]	
		CH ₄	N ₂ O
GLP	AP/TAX/SUV/VAN/PU/V≤3.8	0.024	0.005
	V>3.8/BUS/MIC	0.067	0.093
GN	AP/TAX/SUV/PU/V≤3.8	0.470	0.0485
	V>3.8	5.983	0.1850
	BUS/MIC	7.715	0.1010

Fuente: IPCC (1996). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Vol.3 Cap. Energy Pages 81-94. Consultado en: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/guidelin/ch1ref5.pdf>

Los factores de emisión para los vehículos a gasolina y diésel se obtuvieron con el modelo MOVES-CDMX, estos factores no se obtienen de forma directa; solo se presentan los factores ponderados por tipo de vehículo y contaminante, para fines de referencia (Tablas 21 a 26).

Tabla 21. Factores de emisión ponderados para vehículos a gasolina en la CDMX, [g/km]

Tipo de Vehículo	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	NH ₃	CN	Tóxicos	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Motocicletas	0.028	0.013	0.003	7.622	0.423	0.853	0.797	0.032	0.002	0.261	236.366	0.017	0.002
Autos particulares	0.116	0.029	0.008	6.586	0.890	0.886	0.854	0.035	0.003	0.292	545.996	0.023	0.009
Taxis	0.065	0.015	0.004	7.963	0.599	0.666	0.622	0.016	0.001	0.210	275.761	0.040	0.003
Camionetas SUV	0.126	0.031	0.011	7.764	1.555	1.095	1.056	0.039	0.003	0.358	775.943	0.028	0.018
Pick Up de uso particular	0.131	0.035	0.011	8.324	1.494	1.028	0.992	0.038	0.004	0.335	773.884	0.025	0.020
Vagonetas	0.078	0.021	0.006	5.509	0.862	0.689	0.667	0.022	0.003	0.226	433.118	0.016	0.014
Vehículos de carga hasta 3.8 t.	0.073	0.017	0.006	4.647	0.899	0.654	0.625	0.022	0.002	0.211	431.184	0.021	0.011
Autobús Escolar y de Personal	0.245	0.061	0.011	33.991	2.666	2.785	2.602	0.035	0.007	0.825	771.561	0.143	0.076
Microbuses/Midibuses	0.291	0.170	0.015	77.742	5.928	5.800	5.385	0.035	0.026	1.697	1042.293	0.313	0.100
Vehículos > a 3.8 t. locales	0.247	0.051	0.015	33.365	3.250	2.770	2.582	0.039	0.007	0.824	1043.638	0.095	0.063

N/A: No Aplica.

Tabla 22. Factores de emisión ponderados para vehículos a diésel en la CDMX, [g/km]

Tipo de Vehículo	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NO _x	COT	COV	NH ₃	CN	Tóxicos	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Autos particulares	0.103	0.017	0.002	3.582	0.461	0.157	0.082	0.012	0.001	0.031	561.187	0.079	0.002
Taxis	0.060	0.010	0.001	3.631	0.452	0.092	0.045	0.007	0.0005	0.018	339.506	0.046	0.001
Camionetas SUV	0.489	0.363	0.005	7.966	3.564	1.311	0.626	0.035	0.200	0.260	1131.561	0.671	0.006
Pick Up de uso particular	0.445	0.322	0.004	6.019	3.352	1.003	0.519	0.035	0.176	0.197	1080.459	0.502	0.006
Vagonetas	0.260	0.188	0.002	3.442	1.874	0.598	0.322	0.019	0.098	0.118	604.352	0.303	0.003
Vehículos de carga hasta 3.8 t.	0.233	0.164	0.002	3.619	1.639	0.553	0.297	0.017	0.084	0.108	570.959	0.271	0.003
RTP	0.898	0.617	0.004	3.987	6.733	1.079	0.770	0.021	0.298	0.210	1045.010	0.542	0.004
Autobuses concesionados	1.089	0.793	0.004	6.519	8.749	1.532	1.238	0.021	0.354	0.297	1059.869	0.764	0.004
Autobús Escolar y de Personal	0.722	0.501	0.004	3.440	5.279	1.440	1.088	0.021	0.169	0.280	860.328	0.721	0.005
Microbuses/Midibuses	0.664	0.519	0.004	3.982	6.883	1.909	1.297	0.021	0.225	0.373	1056.360	0.961	0.004
Metrobús	0.791	0.449	0.004	2.178	4.419	0.730	0.368	0.020	0.221	0.145	901.089	0.373	0.004
Vehículos > a 3.8 t. locales	1.082	0.746	0.005	5.178	8.715	2.063	1.669	0.023	0.228	0.405	1226.661	1.043	0.005
Tractocamiones locales	1.808	1.276	0.007	7.687	12.918	1.714	1.376	0.024	0.607	0.338	1703.491	0.870	0.005

N/A: No Aplica.

Tabla 23. Factores de emisión ponderados para vehículos a gasolina en el Estado de México, [g/km]

Tipo de Vehículo	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NOx	COT	COV	NH ₃	CN	Tóxicos	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Motocicletas	0.028	0.013	0.003	7.358	0.407	0.869	0.815	0.032	0.002	0.268	236.608	0.017	0.002
Autos particulares	0.153	0.062	0.008	11.273	1.430	1.557	1.508	0.043	0.009	0.506	560.576	0.031	0.018
Taxis	0.068	0.017	0.004	9.014	0.697	0.744	0.701	0.018	0.001	0.235	277.850	0.040	0.003
Camionetas SUV	0.149	0.051	0.012	14.193	2.360	1.849	1.784	0.046	0.008	0.592	805.420	0.045	0.042
Pick Up de uso particular	0.205	0.101	0.012	26.203	3.108	2.873	2.780	0.052	0.019	0.911	839.575	0.060	0.075
Vagonetas	0.071	0.015	0.006	3.065	0.539	0.409	0.395	0.019	0.001	0.138	420.218	0.010	0.006
Vehículos de carga hasta 3.8 t.	0.112	0.052	0.007	15.195	1.712	1.704	1.642	0.028	0.010	0.536	463.627	0.039	0.046
Autobuses concesionados	0.336	0.077	0.014	29.215	2.865	2.465	2.287	0.036	0.007	0.279	1043.283	0.093	0.037
Autobús Escolar y de Personal	0.272	0.084	0.011	41.310	2.952	3.403	3.165	0.035	0.013	1.005	776.060	0.193	0.088
Microbuses/Midibuses	0.168	0.061	0.015	39.663	2.964	2.794	2.574	0.035	0.008	0.799	1040.482	0.095	0.044
Vehículos > a 3.8 t. locales	0.350	0.142	0.016	58.084	4.875	5.597	5.243	0.039	0.034	1.699	1062.980	0.241	0.129

N/A: No Aplica.

Tabla 24. Factores de emisión ponderados para vehículos a diésel en el Estado de México, [g/km]

Tipo de Vehículo	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NOx	COT	COV	NH ₃	CN	Tóxicos	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Autos particulares	0.107	0.021	0.002	6.403	0.853	0.328	0.231	0.012	0.002	0.060	577.492	0.122	0.002
Taxis	0.063	0.013	0.002	6.856	0.994	0.162	0.109	0.007	0.001	0.031	372.668	0.081	0.001
Camionetas SUV	0.431	0.309	0.004	4.889	2.962	0.903	0.465	0.035	0.169	0.177	1071.107	0.448	0.006
Pick Up de uso particular	0.477	0.352	0.004	7.827	3.626	1.233	0.710	0.036	0.193	0.238	1109.866	0.590	0.006
Vagonetas	0.286	0.212	0.003	4.867	2.125	0.760	0.445	0.019	0.111	0.148	633.212	0.381	0.003
Vehículos de carga hasta 3.8 t.	0.301	0.226	0.002	7.145	2.043	0.852	0.609	0.018	0.117	0.155	589.139	0.316	0.003
Autobuses concesionados	2.584	1.959	0.071	9.273	14.424	2.385	1.552	0.043	0.632	0.234	2107.984	1.204	0.009
Autobús Escolar y de Personal	0.832	0.603	0.004	4.051	6.149	1.787	1.484	0.021	0.188	0.345	874.557	0.890	0.005
Microbuses/Midibuses	0.581	0.443	0.004	3.528	5.748	1.590	0.865	0.021	0.214	0.314	1053.765	0.809	0.004
Mexibús	0.808	0.465	0.004	2.145	3.743	0.834	0.396	0.020	0.235	0.166	907.961	0.427	0.004
Vehículos > a 3.8 t. locales	1.113	0.772	0.005	4.791	8.149	1.817	1.348	0.023	0.245	0.358	1220.272	0.922	0.005

N/A: No Aplica.

Tabla 25. Factores de emisión ponderados para vehículos a gasolina en la ZMMV, [g/km]

Tipo de Vehículo	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NOx	COT	COV	NH ₃	CN	Tóxicos	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Motocicletas	0.028	0.013	0.003	7.494	0.415	0.860	0.806	0.032	0.002	0.264	236.483	0.017	0.002
Autos particulares	0.139	0.049	0.008	9.449	1.220	1.296	1.253	0.040	0.007	0.423	554.901	0.028	0.015
Taxis	0.066	0.015	0.004	8.233	0.624	0.686	0.642	0.016	0.001	0.216	276.298	0.040	0.003
Camionetas SUV	0.141	0.044	0.012	12.075	2.095	1.601	1.544	0.043	0.007	0.515	795.707	0.039	0.034
Pick Up de uso particular	0.190	0.087	0.012	22.490	2.773	2.490	2.409	0.049	0.016	0.791	825.933	0.052	0.063
Vagonetas	0.072	0.016	0.006	3.615	0.611	0.472	0.456	0.020	0.002	0.158	423.120	0.011	0.007
Vehículos de carga hasta 3.8 t.	0.108	0.048	0.007	14.122	1.629	1.597	1.538	0.027	0.009	0.503	460.325	0.037	0.043
Autobuses concesionados	0.336	0.077	0.014	29.215	2.865	2.465	2.287	0.036	0.007	0.279	1043.283	0.093	0.037
Autobús Escolar y de Personal	0.257	0.072	0.011	37.398	2.799	3.073	2.864	0.035	0.010	0.909	773.655	0.166	0.082
Microbuses/Midibuses	0.195	0.084	0.015	47.908	3.605	3.445	3.183	0.035	0.012	0.994	1040.874	0.142	0.056
Vehículos > a 3.8 t. locales	0.341	0.134	0.016	55.862	4.729	5.343	5.004	0.039	0.032	1.620	1061.242	0.228	0.123
Vehículos > a 3.8 t. federales	0.292	0.074	0.018	32.387	3.679	2.928	2.751	0.038	0.009	0.876	950.639	0.096	0.059

N/A: No Aplica.

Tabla 26. Factores de emisión ponderados para vehículos a diésel en la ZMMV, [g/km]

Tipo de Vehículo	PM10	PM2.5	SO ₂	CO	NOx	COT	COV	NH ₃	CN	Tóxicos	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Autos particulares	0.105	0.019	0.002	5.203	0.686	0.255	0.168	0.012	0.001	0.047	570.556	0.103	0.002
Taxis	0.061	0.011	0.001	4.148	0.539	0.103	0.055	0.007	0.001	0.020	344.823	0.052	0.001
Camionetas SUV	0.444	0.321	0.004	5.564	3.094	0.993	0.501	0.035	0.176	0.195	1084.384	0.497	0.006
Pick Up de uso particular	0.466	0.342	0.004	7.229	3.535	1.157	0.647	0.035	0.187	0.224	1100.148	0.561	0.006
Vagonetas	0.267	0.194	0.002	3.827	1.942	0.642	0.355	0.019	0.102	0.126	612.151	0.324	0.003
Vehículos de carga hasta 3.8 t.	0.284	0.210	0.002	6.279	1.944	0.779	0.532	0.017	0.109	0.143	584.673	0.305	0.003
Autobuses Federales	4.273	3.583	0.325	6.052	12.317	1.615	1.341	0.024	0.642	0.312	1629.609	0.804	0.004
RTP	0.898	0.617	0.004	3.987	6.733	1.079	0.770	0.021	0.298	0.210	1045.010	0.542	0.004
Autobuses concesionados	1.514	1.124	0.023	7.301	10.360	1.774	1.327	0.027	0.433	0.279	1357.359	0.889	0.006
Autobús Escolar y de Personal	0.751	0.528	0.004	3.603	5.511	1.533	1.193	0.021	0.174	0.298	864.118	0.766	0.005
Microbuses/Midibuses	0.586	0.447	0.004	3.553	5.809	1.607	0.889	0.021	0.215	0.317	1053.904	0.818	0.004
Metrobús/Mexibús	0.795	0.452	0.004	2.171	4.279	0.752	0.373	0.020	0.224	0.149	902.516	0.384	0.004
Vehículos > a 3.8 t. locales	1.107	0.766	0.005	4.876	8.274	1.871	1.418	0.023	0.241	0.368	1221.675	0.948	0.005
Vehículos > a 3.8 t. federales	4.155	3.541	0.233	5.137	10.746	2.229	1.934	0.023	0.290	0.418	1163.289	1.076	0.004
Tractocamiones locales	1.808	1.808	1.808	1.808	1.808	1.808	1.808	1.808	1.808	1.808	1.808	1.808	1.808
Tractocamiones federales	4.822	4.017	0.343	6.635	13.364	1.368	1.080	0.024	0.778	0.260	1722.649	0.669	0.005

N/A: No Aplica.

Contaminantes tóxicos

El modelo MOVES-CDMX permite calcular, además de contaminantes criterio y gases de efecto invernadero, una amplia variedad de contaminantes tóxicos, ya sea para la obtención de factores de emisión o bien para estimar emisiones.

A continuación, se presenta el listado de los tóxicos estimados dentro de las emisiones de fuentes móviles.

Tabla 27. Contaminantes tóxicos que estima el MOVES-CDMX

Contaminantes tóxicos		
Etilbenceno	Fluoranteno	1,2,3,7,8- Pentaclorodibenzofurano
Estireno	Benzo(k)fluoranteno	1,2,3,6,7,8-hexaclorodibenzo furano
1,3-Butadieno	Criseno	1,2,3,6,7,8-hexaclorodibenzo-p-dioxina
Acroleína (2-Propenal)	1,2,3,4,6,7,8,9-Octaclorodibenzo-p-dioxina	2,3,4,6,7,8-hexaclorodibenzo furano
Tolueno	1,2,3,4,6,7,8-Heptaclorodibenzo-p-dioxina	1,2,3,4,6,7,8-Heptaclorodibenzofurano
Hexano	1,2,3,4,6,7,8,9-Octaclorodibenzofurano	1,2,3,4,7,8-hexacloruro-benzofurano
Antraceno	1,2,3,4,7,8-hexaclorodibenzo-p-dioxina	Benceno
Propionaldehído	1,2,3,7,8-Pentaclorodibenzo-p-dioxina	1,2,3,7,8,9-hexaclorodibenzofurano
Xileno	Formaldehído	Mercurio
Metil Ter-Butil Éter (MTBE)	Benzo (a) pireno	Níquel (compuestos)
2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina	2,3,7,8-tetraclorodibenzofurano	Arsénico
Benzoperileno	Dibenzoantraceno	Cromo (compuestos)
Indeno(1,2,3-cd) Pireno	2,2,4-Trimetilpentano	Acetaldehído
1,2,3,7,8,9-hexaclorodibenzo-p-dioxina	Benzoantraceno	Fenantreno
Benzo (b) Fluoranteno	2,3,4,7,8-Pentaclorodibenzofurano	Naftaleno

Emisiones por uso de aires acondicionados

Para estimar las emisiones por el uso de aire acondicionado en vehículos se utilizó la metodología de estimación de emisiones del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) establecida en las directrices de 2006 para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Se consideraron las emisiones de los vehículos de hasta 14 años, siendo el promedio de vida útil de un sistema de aire acondicionado. Además, se toma en cuenta el porcentaje de vehículos⁴¹ que cuentan con aire acondicionado en funcionamiento del total de la flota vehicular.

Del documento Fifth Assessment Report (AR5) desarrollado por el IPCC, se tomó el factor de emisión de 166 kgCO_{2eq}/año, y considerando su potencial de calentamiento del HFC-134a de 1410, se obtuvo el factor de emisión para el gas HFC-134a por vehículo de 0.118 [kg/año].

La flota estimada que utiliza aire acondicionado en la ZMVM se presenta en la siguiente tabla:

⁴¹ Porcentaje estimado a partir de información del “Estudio de emisiones y actividad vehicular en tres ciudades mexicanas, fase III: Guadalajara, Nogales y Toluca”, paginas 28-29 y 58-59 (CTS-INECC, 2009). Consultado en: <https://docplayer.es/6799994-Estudio-de-emisiones-y-actividad-vehicular-en-tres-ciudades-mexicanas-fase-iii-guadalajara-nogales-y-toluca-informe-final.html>

Tabla 28. Flota vehicular que usa aire acondicionado

Entidad	Flota Vehicular
Ciudad de México	495,057
Estado de México	712,439
Tizayuca	2,439
ZMVM	1,209,935

Las emisiones por operación de aire acondicionado vehicular se obtienen con la siguiente ecuación:

Ecuación 3. Cálculo de las emisiones de HFC

$$E_{uso} = FE_{HFC134a} * \text{Número de vehículos}/1000$$

Donde:

E_{uso} = emisión por operación de aire acondicionado vehicular [t_{HFC134a}/año]

$FE_{HFC134a}$ = Emisión de HFC [kg_{HFC134a}/año]

1000 = Factor de conversión

A continuación, se muestra el ejemplo de cálculo de las emisiones por operación para autos particulares, de un año modelo 2014 en la CDMX:

Tabla 29. Ejemplo de cálculo de emisiones por uso de aire acondicionado de autos

Variable	Ciudad de México	
	Valor	Descripción
Vehículos	28,669	Número de vehículos año modelo 2014 de la Ciudad de México que se estima cuentan con aire acondicionado.

Sustituyendo los valores anteriores en la ecuación 3:

$$E_{uso} = ((0.118 \text{ kg})/\text{año}) * (28,669 \text{ vehículos})/1000 = 3.375 \text{ tHFC134a/año}$$



Fuentes Naturales

TABLA DE CONTENIDOS

FUENTES NATURALES.....	146
Vegetación y suelos	146
Erosión eólica del suelo.....	147
1. Integración de base de datos geográficos.....	147
2. Identificación y cuantificación de las superficies.....	147
3. Cuantificación de variables meteorológicas.....	148
4. Cálculo de emisiones por partículas.....	148
4.1 Parámetros aplicados a la ecuación de erosionabilidad.....	150
5. Tóxicos.....	150

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contaminante por año, mes, día y celda.....	146
Tabla 2. Alcaldías y Municipios de la ZMVM por región	147
Tabla 3. Valor promedio meteorológicos por región.....	148
Tabla 4. Parámetros para el cálculo de la erosión eólica por temporada y región	150
Tabla 5. Contaminantes tóxicos generados por la vegetación.....	150
Tabla 6. Perfil de especiación para erosión eólica	151

FUENTES NATURALES

Vegetación y suelos

Para el año 2018, el cálculo de las emisiones por vegetación se efectuó a través del modelo *Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature* versión 2.1 (MEGAN, por sus siglas en inglés,) de la U.S. EPA, que se encuentra integrado dentro del Sistema de Pronóstico Calidad del Aire de la Ciudad de México que está a cargo de la Dirección de Monitoreo de Calidad del Aire de la SEDEMA. El Modelo cuantifica las emisiones a partir de los diferentes tipos de vegetación que se ubican en la Zona Metropolitana del Valle de México.

La modelación se lleva a cabo a partir de bases de datos satelitales (MODIS⁴²) con una cobertura de uso de suelo espacial de 1 km² o menos, y con variables meteorológicas de la Ciudad de México, 59 municipios del Estado de México y el municipio de Tizayuca. Cuantifica las emisiones generadas por la vegetación de alrededor de 150 especies químicas.

A continuación, se presenta un ejemplo de archivo de salida del modelo con las emisiones obtenidas (Ver Tabla 1); los campos se identifican por año, el mes y día de la emisión, éstas emisiones se reportan para cada una de las celdas, los valores de las columnas “xind” y “yind”, son coordenadas; el modelo calcula las emisiones de acetaldehído (ALD2), aldehídos (ALDX), compuestos orgánicos volátiles (COV), eteno (ETH), formaldehído (FORM), metanol (MEOH), tolueno (TOL), xilenos (XYL) y óxidos de nitrógeno (NOx) . Finalmente, los datos se agrupan para tener una emisión total por año, entidad y municipio.

Tabla 1. Contaminante por año, mes, día y celda

Año	Mes	Día	xind	yind	Contaminante	Kg/dfa
2018	5	2	1	86	ALD2	0.165
2018	5	2	1	86	ALDX	0.67
2018	5	2	1	86	COV	0.180
2018	5	2	1	86	ETH	0.496
2018	5	2	1	86	FORM	0.36
2018	5	2	1	86	MEOH	0.17
2018	5	2	1	86	TOL	0.28
2018	5	2	1	86	XYL	0.52
2018	5	2	1	86	NOX	0.20

⁴² MODIS. Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer. NASA. E.U.

Erosión eólica del suelo

La estimación de emisiones por erosión eólica es mediante las siguientes etapas:

1. Integración de base de datos geográficos

Para la integración de base de datos geográficos, se utiliza la cobertura de uso del suelo y vegetación serie INEGI VI (2014), la cartografía de la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial PAOT (2008) y Áreas Naturales Protegidas Estatales y Nacionales de la República Mexicana CONANP (2017).

2. Identificación y cuantificación de las superficies

De acuerdo con la cartografía se identifican y cuantifican las áreas sin cobertura vegetal de la Ciudad de México y municipios conurbados de la ZMVM; superficies caracterizadas como suelos agrícolas temporales, zonas rurales, asentamientos irregulares, las cuales son susceptibles a erosión eólica, por no contar con una protección vegetal natural, durante todo el año o una parte de año y por lo tanto están expuestas a la erosión eólica. La ZMVM se divide en regiones con la finalidad de obtener condiciones climáticas diferenciadas, toda vez que la ZMVM no es homogénea en las mismas. Ver Tabla 2.

Tabla 2. Alcaldías y Municipios de la ZMVM por región

Región 1	Región 2	Región 3
Álvaro Obregón	Apaxco	Acolman
Amecameca	Atizapán de Zaragoza	Atenco
Atlautla	Ayapango	Axapusco
Benito Juárez	Azcapotzalco	Chiautla
Cuajimalpa de Morelos	Chalco	Chiconcuac
Ecatzingo	Chicoloapan	Chimalhuacán
Huixquilucan	Cocotitlán	Coacalco de Berriozábal
Isidro Fabela	Coyoacán	Ecatepec de Morelos
Jilotzingo	Coyotepec	Jaltenco
La Magdalena Contreras	Cuauhtémoc	La Paz
Miguel Hidalgo	Cuautitlán	Melchor Ocampo
Naucalpan de Juárez	Cuautitlán Izcalli	Nextlalpan
Nicolás Romero	Gustavo A. Madero	Nezahualcóyotl
Ozumba	Huehuetoca	Nopaltepec
Tepetlixpa	Hueyoxtla	Otumba
Tlalmanalco	Ixtapaluca	Papalotla
Tlalpan	Iztacalco	San Martín de las Pirámides
Villa del Carbón	Iztapalapa	Tecámac
	Juchitepec	Temascalapa
	Milpa Alta	Teotihuacán
	Temamatla	Texcoco
	Tenango del Aire	Tezoyuca
	Teoloyucan	Tizayuca
	Tepetlaoxtoc	Tonanitla
	Tepotztlán	Tultepec
	Tequixquiac	Tultitlán
	Tláhuac	Zumpango
	Tlalnepantla de Baz	
	Valle de Chalco Solidaridad	
	Venustiano Carranza	
	Xochimilco	

3. Cuantificación de variables meteorológicas

Los datos meteorológicos proporcionados por la Red de Meteorología y Radiación Solar (REDMET) del Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAT-SEDEMA) y de la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM), se estima la precipitación pluvial, la temperatura y la velocidad del viento por región y mes, los cuales serán utilizados para el cálculo de emisiones. Ver Tabla 3.

Tabla 3. Valor promedio meteorológicos por región

Variable	Región 1	Región 2	Región 3
Precipitación acumulada (mm)	96.65	68.82	57.44
Temperatura (°C)	14.9	16.73	16.75
Velocidad del viento (m/s)	2	1.9	0.84

4. Cálculo de emisiones por partículas

La ecuación de erosionabilidad es el método de cálculo aplicado para la estimación de partículas generadas por erosión eólica, conforme al Manual del Programa de Inventarios de Emisiones en México (RADIAN LLC, 1997); método desarrollado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (U.S. DA, por sus siglas en inglés) (U.S.-EPA, 1997)⁴³.

El perfil considerado para la estimación de material particulado de PM₁₀ y PM_{2.5} propuesto, es la especiación de CEIDARS⁴⁴, donde se considera que las PM₁₀ representan aproximadamente el 50% de las partículas suspendidas totales (PST) y PM_{2.5} representa el 11% de las PST.

A continuación, se describe la ecuación que representa la pérdida de fracciones de partículas suspendidas por las condiciones del viento y la cantidad de suelo que se arrastra sobre la superficie.

Ecuación 1. Cálculo de la emisión de contaminante por partículas

$$E = FS \cdot I \cdot C \cdot K \cdot L' \cdot V'$$

Donde:

E= Factor de emisión de partículas suspendidas, [t/acre/año]

FS= Fracción de las pérdidas totales por erosión del viento medidas como partículas suspendidas, adimensional

I= Erosionabilidad del suelo, [t/acre/año]

C= Factor climático, adimensional

K= Factor de rugosidad del suelo, adimensional

L'= Factor de amplitud del campo sin protección, adimensional

V'= Factor de cobertura vegetal, adimensional

La (*FS*) representa la fracción de partículas suspendidas perdidas por la erosión del viento, se contempló el valor de 2.5% para suelos agrícolas y 3.8% para las vialidades sin pavimentar y otras áreas.

⁴³ Radian International, LLC. (1997). Manuales del Programa de Inventario de Emisiones en México. Volumen V, de Fuentes de Área-Erosión eólica. Consultado en julio, de 2019 de: https://www3.epa.gov/ttnecatc1/cica/other3_s.html

⁴⁴ ARB (2018). California Emission Inventory Development and Reporting System (CEIDAR). Speciation profiles used in ARBM modeling – Particulate Matter and Organic Gas Speciation Profil 416, [base de datos]. California Air Resources Board (ARB). Consultado en agosto de 2020, de: <https://ww2.arb.ca.gov/speciation-profiles-used-carb-modeling>

Para identificar el factor de erosionabilidad del suelo (K) de la ZMVM, se consultó el estudio “Bases para el Manejo Ambiental de la Zona Oriente del Valle de México”⁴⁵, en conjunto con el análisis de los Prontuarios⁴⁶ por alcaldías y municipios, que definen los suelos predominantes: andosol, vertisol, feozem y solonchak; que presentan en general una textura de media a gruesa, en mayor proporción arena (50% aproximadamente) y en menor cantidad limo y arcilla, con una clase de textura de 56 toneladas/acre/año para el factor (K).

Para el factor climático (C), se toma en cuenta la velocidad del viento y la humedad del suelo característicos por región; es importante resaltar que la tasa de movimiento del suelo varía directamente con la velocidad del viento e inversamente con la humedad de la superficie, la ecuación para estimar el factor es la siguiente:

Ecuación 2. Cálculo del factor climático

$$C = \frac{0.345V^3}{[115 \sum_1^{12} (Pm_i/Tm_i - 10)^{10/9}]^2}$$

Donde:

V = velocidad promedio del viento, corregido a 10 metros [mi/h]

Pm = precipitación mensual [pulgadas]

Tm = temperatura promedio mensual [°Fahrenheit]

El factor de rugosidad del suelo (K), se refiere a la reducción en la erosión eólica a causa de la presencia de cerros, lomas, canales, surcos, entre los principales. Cuando es mínima la presencia de estas características, se estima un valor de rugosidad de 1 y para el caso de las áreas agrícolas se utilizó un valor de 0.6.

El factor de amplitud de campo sin protección (L) se fundamenta en el producto de los factores de erosionabilidad (K) y rugosidad (K), para la amplitud de campo (L) se tomó un valor de 0.76 para las áreas de cultivos y de 0.32 para áreas con un uso diferente al agrícola (USEPA, 1997; Nívar y Treviño 1997)⁴⁷

El factor (V) es la fracción anual de pérdida de suelo debida a que el campo tiene una cubierta vegetal, en el presente cálculo se hicieron dos suposiciones, considerando (V) = 1 cuando el suelo no tiene cobertura vegetal y (V) = 0.5 si existe cobertura vegetal, (RADIAN LLC,1997).

⁴⁵ SEDEMA-CHAPINGO (2000). Bases para la rehabilitación ambiental del área metropolitana. Diagnóstico y evaluación del riesgo de erosión eólica en la cuenca de México y áreas adyacentes. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal-Universidad Autónoma Chapingo.

⁴⁶ INEGI (2009). Prontuarios de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Edafología por municipio. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.

⁴⁷ Nívar y Treviño (1997). Estimación del tonelaje de partículas de suelo que potencialmente contribuye a la contaminación del aire en el área de Monterrey, México.

4.1 Parámetros aplicados a la ecuación de erosionabilidad

Los parámetros estimados para el cálculo de erosión eólica por región y temporada se muestran a continuación:

Tabla 4. Parámetros para el cálculo de erosión eólica por temporada y región

Parámetro	Temporada / Región										
	Seca			Fría			Lluvia				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Fracción de partículas suspendidas (agrícola)	2.5%	FS	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%	2.50%
Fracción de partículas suspendidas (otros)	3.8%	FS	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%	3.80%
Erosionabilidad (ton/acre/año)	<i>I</i>		56	56	56	56	56	56	56	56	56
Factor climático	<i>C</i>		0.00446578	0.00963246	0.00128384	0.00446578	0.00963246	0.00128384	0.00446578	0.00963246	0.00128384
Factor de rugosidad (agrícola)	<i>K</i>		0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Factor de rugosidad (otros)	<i>K</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Factor amplitud del campo sin protección (agrícola)	<i>L'</i>		0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76
Factor amplitud del campo sin protección (otros)	<i>L'</i>		0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
Factor de cobertura vegetal (sin vegetación)	<i>V'S</i>		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Factor de cobertura vegetal (con vegetación)	<i>V'C</i>		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Velocidad de viento (millas/hora)	<i>V</i>		4.48	4.24	1.88	4.48	4.24	1.88	4.48	4.24	1.88

5. Tóxicos

La cubierta vegetal también emite compuestos tóxicos, que son estimados con el modelo MEGAN, que contempla contaminantes tóxicos, ver tabla 5. Las emisiones se obtienen por contaminante, día, celda y hora en toneladas al año.

Tabla 5. Contaminantes tóxicos generados por la vegetación

Fuente	Especie	CAS
Vegetación	Acetaldehído	75-07-0
	Aldehído	--
	Eteno	74-85-1
	Formaldehído	50-00-0
	Metanol	67-56-1
	Tolueno	108-88-3
	Xileno	1330-20-7

Para cuantificar los compuestos tóxicos del material particulado por erosión eólica, se utiliza el perfil de especiación 416, del CEIDARS (windblown dust-unpaved rd/area); en la siguiente tabla se presenta dicho perfil.

Tabla 6. Perfil de especiación para erosión eólica

Especie	CAS	PM 10
Antimonio	7440-36-0	0.00001
Arsénico	7440-38-2	0.00003
Bario	7440-39-3	0.00105
Bromo	7726-95-6	0.00002
Cadmio	7440-43-9	0.00004
Cloro	7782-50-5	0.00154
Cromo	7440-47-3	0.00027
Cobalto	7440-48-4	0.00018
Cobre	7440-50-8	0.00011
Plomo	7439-92-1	0.00106
Manganeso	7439-96-5	0.00126
Mercurio	7439-97-6	0.00002
Níquel	7440-02-0	0.00008
Fósforo	7723-14-0	0.00194
Selenio	7782-49-2	0.000001
Plata	7440-22-4	0.00001