



GOBIERNO DEL  
ESTADO DE MÉXICO

---

# INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO 2016

---



INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

## DIRECTORIO

Lic. Alfredo del Mazo Maza  
Gobernador Constitucional de Estado de México

Ing. Jorge Rescala Pérez  
Secretario del Medio Ambiente

Mtra. María Elena López Barrera  
Directora General del Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático

Lic. María del Socorro López Coyuca  
Subdirectora de Adaptación y Crecimiento Verde

Ing. María del Carmen Mendoza Pelcastre  
Jefa del Departamento de Adaptación al Cambio Climático

1

Revisión y Edición:  
Ing. María del Carmen Mendoza Pelcastre

Colaboradores:  
Ing. Bibiana Valdez Avendaño  
Lic. Francisco Pablo Escamilla Báez  
Ing. María del Carmen Mendoza Pelcastre

Elaborado por: Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático  
Avenida Doctor Gustavo Baz Prada No. 2160, Col. La Loma,  
Tlalneantla de Baz, Estado de México C.P. 14600 Teléfono: 53-66-82-63  
<http://ieecc.edomex.gob.mx/>

Año base: 2016  
Año de elaboración: 2018

INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

## CONTENIDO

<b>CONTENIDO</b> .....	2
ÍNDICE DE <b>TABLAS</b> .....	4
<b>ÍNDICE DE GRÁFICAS</b> .....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	9
PROPÓSITO DEL INVENTARIO DE EMISIONES.....	10
OBJETIVO DEL INVENTARIO DE MISIONES.....	11
DESARROLLO DEL INVENTARIO ESTATAL DE GASES DE EFECTO <b>INVERNADERO, 2016</b> .....	11
PANORAMA GENERAL DE LA ENTIDAD.....	12
GASES DE EFECTO INVERNADERO Y LOS SECTORES QUE GENERAN LAS EMISIONES.....	13
CAPÍTULO 1 SECTOR ENERGÍA.....	15
1.1 ANTECEDENTES.....	16
1.2 CONSIDERACIONES GENERALES.....	17
1.3 METODOLOGÍA EMPLEADA.....	26
1.4 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES.....	29
1.5 COMPARATIVO DE LAS EMISIONES CON RESPECTO AL AÑO 2015 ...	45
CAPÍTULO 2 SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES.....	47
2.1 ANTECEDENTES.....	48
2.2 CONSIDERACIONES GENERALES.....	48
2.3 METODOLOGÍA EMPLEADA.....	49
2.4 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES.....	49
2.5 COMPARATIVO DE LAS EMISIONES CON RESPECTO AL AÑO 2015 ...	59
CAPÍTULO 3 SECTOR AFOLU (AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA.....	61
3.1 ANTECEDENTES.....	62

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

3.2 CONSIDERACIONES GENERALES.....	62
3.3 METODOLOGÍA EMPLEADA.....	63
3.4 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES.....	65
3.5 COMPARATIVO DE LAS EMISIONES CON RESPECTO AL AÑO 2015 ...	68
CAPÍTULO 4 SECTOR RESIDUOS.....	69
4.1 ANTECEDENTES.....	70
4.2 CONSIDERACIONES GENERALES.....	71
4.3 METODOLOGÍA EMPLEADA.....	77
4.4 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES.....	78
4.5 COMPARATIVO DE LAS EMISIONES CON RESPECTO AL AÑO 2015 ...	84
CAPÍTULO 5 EMISIONES ESTATALES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.....	85
5.1 EMISIONES TOTALES.....	86
5.2 CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS EMISIONES.....	89
5.3 COMPARATIVO DE LAS EMISIONES.....	90
5.4 CONCLUSIONES.....	91
5.5 RECOMENDACIONES.....	93
5.6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
LIMITACIONES.....	101
APÉNDICES.....	102
APÉNDICE “A” LISTADO DE ACRÓNIMOS.....	102
APÉNDICE “B” UNIDADES.....	104
APÉNDICE “C” POTENCIALES DE CALENTAMIENTO.....	105
AGRADECIMIENTOS.....	106

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Consumo de combustibles por categoría del sector.....	20
Tabla 1.2. Consumo de combustibles por la generación de electricidad.....	22
Tabla 1.3. Consumo de combustibles en la industria manufacturera.....	23
Tabla 1.4. Consumo de combustibles en el transporte.....	24
Tabla 1.5. Consumo de combustibles en otros sectores.....	25
Tabla 1.6. Quema de combustible: métodos aplicados en las categorías y subcategorías estimadas.....	26
Tabla 1.7. Fuentes de información utilizadas para recopilar datos de actividad del sector energía.....	28
Tabla 1.8. Emisiones de GEI por tipo de gas del Sector Energía [Gg de CO <sub>2</sub> eq]....	29
Tabla 1.9. Emisiones de GEI por categoría del Sector Energía [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	31
Tabla 1.10. Emisiones de GEI por tipo de combustible utilizado en el Sector Energía [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	32
Tabla 1.11. Emisiones de GEI por tipo de combustible utilizado en la generación de electricidad [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	33
Tabla 1.12. Emisiones de GEI por tipo de gas en la industria manufacturera [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	36
Tabla 1.13. Emisiones de GEI por tipo de combustible en la industria manufacturera [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	37
Tabla 1.14. Emisiones de GEI por tipo de gas en la categoría del transporte [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	39
Tabla 1.15. Emisiones de GEI por tipo de combustible para categoría del transporte [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	40
Tabla 1.16. Emisiones de GEI por tipo de gas para otros sectores [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	42
Tabla 1.17. Emisiones de GEI por tipo de combustible para otros sectores [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	43
Tabla 1.18. Emisiones por el método sectorial y el método de referencia para el año 2015 en [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	44
Tabla 1.19. Emisiones anuales de GEI [Gg de CO <sub>2</sub> eq] por categoría, para los años 2015 y 2016, para el sector <b>energía</b> .....	45
Tabla 2.1 Emisiones de GEI por categoría y subcategoría del sector Procesos Industriales 2016 [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	50
Tabla 2.2 Emisiones potenciales de la industria de los minerales.....	51
Tabla 2.3 Emisiones de GEI por categoría de la industria de los minerales, 2016 [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	51

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Tabla 2.4 Emisiones potenciales del uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes.....	56
Tabla 2.5 Emisiones de GEI por categoría del uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes, 2016 [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	57
Tabla 2.6 Comparativo de las Emisiones de GEI por subcategoría de los años 2005, 2008, 2015 y 2016 [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	59
Tabla 3.19 Fuentes de Información consideradas para recopilar la información del sector	63
<b>AFOLU.....</b>	
Tabla 3.2 Descripción de las Categorías y Subcategorías del sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la tierra).....	64
Tabla 3.3 Emisiones de GEI por categoría del Sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la tierra) en [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	66
Tabla 3.4 Comparativo con el año anterior de las Emisiones de GEI del Sector AFOLU, en [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	68
Tabla 4.20 Fuentes de Información consideradas para recopilar la información del sector Residuos.....	77
Tabla 4.2 Descripción de las Categorías y Subcategorías del sector Residuos.....	78
Tabla 4.3 Emisiones de GEI por categoría del Sector Residuos [Gg de CO <sub>2</sub> eq]...	79
Tabla 4.4 Porcentaje de las Emisiones por Gas y CO <sub>2</sub> eq por categoría y subcategoría del Sector Residuos.....	80
Tabla 4.5 Emisiones de GEI para la categoría Residuos Sólidos urbanos, [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	82
Tabla 4.6 Emisiones de GEI para la categoría del Tratamiento biológico de los residuos Sólidos, [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	82
Tabla 4.7 Emisiones de GEI para la categoría de Incineración y quema a cielo abierto de residuos, [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	83
Tabla 4.8 Emisiones de GEI para la categoría de Tratamiento y eliminación de aguas residuales, [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	84
Tabla 4.9 Comparativo con el año anterior de las Emisiones de GEI del Sector Residuos, [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	84
Tabla 5.1 Emisiones de GEI en la entidad del año 2016, por categoría [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	86
Tabla 5.2 Porcentaje de las emisiones de GEI en la entidad del año 2016.....	90
Tabla 5.3 Comparativo con el año anterior de las Emisiones de GEI en la entidad [Gg de CO <sub>2</sub> eq].....	90

INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1.1 Estructura del Sector Energía.....	19
Gráfica 1.2 Porcentaje del consumo de combustibles en el sector energético.....	20
Gráfica 1.3 Porcentaje de consumo energético por categoría del sector.....	21
Gráfica 1.4 Porcentaje de consumo energético por la generación de electricidad.....	22
Gráfica 1.5 Porcentaje de consumo energético en la industria manufacturera.....	23
Gráfica 1.6 Porcentaje de consumo energético en el transporte.....	24
Gráfica 1.7 Porcentaje del consumo energético en otros sectores.....	25
Gráfica 1.8 Porcentaje de emisiones por tipo de gas.....	30
Gráfica 1.9 Porcentaje de emisiones por categoría del sector.....	31
Gráfica 1.10 Porcentaje de emisiones por tipo de combustible del sector.....	32
Gráfica 1.11 Porcentaje de emisiones por la generación de electricidad.....	34
Gráfica 1.12 Porcentaje de emisiones por tipo de combustible para la generación de electricidad.....	34
Gráfica 1.13 Porcentaje de emisiones por tipo de gas de la industria manufacturera.....	36
Gráfica 1.14 Porcentaje de emisiones por tipo de actividad de la industria manufacturera.....	37
Gráfica 1.15 Porcentaje de emisiones por tipo combustible de la industria manufacturera.....	38
Gráfica 1.16 Porcentaje de emisiones por tipo de gas para el transporte.....	39
Gráfica 1.17 Porcentaje de emisiones por subcategoría en la categoría del transporte.....	40
Gráfica 1.18 Porcentaje de emisiones por tipo de combustible en la categoría del transporte.....	41
Gráfica 1.19 Porcentaje de emisiones por tipo de actividad en otros sectores.....	42
Gráfica 1.20 Porcentaje de emisiones por tipo de combustible en otros sectores.....	43
Gráfica 1.21 Distribución porcentual de emisiones por tipo de combustible y por actividad en otros sectores.....	44
Gráfica 1.22 Representación gráfica de las emisiones anuales de GEI [Gg de CO <sub>2</sub> eq] por categoría, para los años 2015 y 2016, del sector energía.....	46

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Gráfica 2.1. Subcategoría Industria de los Minerales. 2016.....	52
Gráfica 2.2 Subcategoría Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes. 2016.....	57
Gráfica 2.3 Emisiones de CO <sub>2</sub> por categoría y año del sector procesos industriales.....	60
Gráfica 2.4 Contribución porcentual de las Emisiones de GEI, del Sector Procesos Industriales, 2016.....	60
Gráfica 4.1 Porcentaje de las Emisiones de CO <sub>2</sub> eq por subcategoría del Sector Residuos.....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sitios de disposición final controlados y no controlados.....	72
Figura 2 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.....	73

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### INTRODUCCIÓN

Se habla de cambio climático al referirse a la variación global o regional del clima en la tierra a lo largo del tiempo. Este fenómeno es definido como todo cambio significativo en el sistema climático del planeta, que permanece por décadas o más tiempo.

A pesar de que el clima del planeta ha cambiado a lo largo del tiempo en forma natural, existen claras evidencias de que el cambio climático puede ser atribuido a efectos ocasionados por actividades humanas.

El cambio climático es una verdadera emergencia global y es considerado uno de los problemas ambientales más importantes de nuestro tiempo, puede darse por causas naturales, o como resultado de actividades humanas.

El calentamiento global es la manifestación más evidente del cambio climático, y se refiere al incremento promedio de las temperaturas terrestres y marinas a nivel global. En las tres últimas décadas la superficie de la Tierra se ha vuelto cada vez más cálida, y se han superado los registros de cualquier época precedente a 1850.

Debido al incremento en la temperatura, se han alterado los ciclos de las lluvias y la disponibilidad del agua, así como en el incremento en las inundaciones, sequías, incendios forestales, afectaciones agrícolas, que ponen en riesgo a la población.

Los Gases de efecto invernadero (GEI) son los gases integrantes de la atmósfera, de origen natural y antropogénico, los cuales absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes. Esta propiedad causa efecto invernadero. El vapor de agua (H<sub>2</sub>O), el bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), el metano (CH<sub>4</sub>) los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC), son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre.

En la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), en la cual están integrados 197 países, se acordó, una vez concluido el Protocolo de Kyoto en 2012, que cada nación presentará su contribución prevista y determinada a nivel nacional (INDC, por sus siglas en inglés), es decir, las intenciones voluntarias de reducción de emisiones de gases de cada país. Este plan se concretó en el Acuerdo de París en 2015 y entró en vigor en 2016.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Debido a lo anterior la Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (SMAGEM) a través del Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático (IEECC), presenta la actualización del Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, con año base 2016, el cual cuantifica las emisiones e identifica las actividades que más contribuyen, esto con la finalidad de unir esfuerzos con el Gobierno Federal, los municipios y la población para dar cumplimiento, ya que nuestro país se comprometió, ante el Acuerdo de París, a reducir el 22% de sus emisiones de gases de efecto invernadero al 2030 y 51% respecto a sus emisiones de carbono negro.

El presente inventario consta de 4 capítulos, en el primer capítulo se presentan las emisiones de gases de efecto invernadero para el sector: Energía, en el capítulo 2 las emisiones del sector: Procesos Industriales, el capítulo 3 las emisiones del sector: AFOLU (Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra) y el capítulo 4 las emisiones del sector: Residuos.

### FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), ha manifestado que el calentamiento del planeta Tierra es inequívoco, que la influencia humana en el sistema climático es clara, y que las emisiones de gases de efecto invernadero son las más altas de la historia. Asimismo, el IPCC señala que muchos de los cambios observados no han tenido precedente en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido y el nivel del mar se ha elevado. La influencia humana es evidente al tenor de las crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, el forzamiento radiativo positivo y el calentamiento observado.

Las causas del cambio climático se pueden dividir en aquellas relacionadas con los procesos naturales y las causas vinculadas con la actividad humana.

De forma natural han existido cambios radicales en el clima planetario debido a modificaciones en la rotación, en la órbita y en la inclinación de la Tierra, o por eventos naturales extraordinarios como las erupciones volcánicas. El ejemplo más claro de esta modificación del clima son las glaciaciones, y se producen por el cambio en la forma de la órbita de la Tierra y de la inclinación del planeta con respecto a su eje.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Ahora nos encontramos en un periodo interglaciar y esa estabilidad del clima ha permitido el desarrollo y crecimiento de la civilización humana.

El efecto invernadero natural, es un proceso que ocurre de manera natural en la atmósfera de la Tierra, y resulta de la interacción entre la energía que proviene del Sol y algunos de los gases de la atmósfera, llamados gases de efecto invernadero (GEI). El efecto invernadero natural permite que exista la vida tal y como la conocemos en el planeta, pues sin él, la temperatura promedio de la Tierra sería inferior a los  $-18^{\circ}\text{C}$ . La atmósfera está compuesta principalmente por Nitrógeno y Oxígeno y sólo en un 1% por otros componentes, entre ellos los GEI. El vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y ozono ( $\text{O}_3$ ) son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre, los cuales, tienen la capacidad de actuar como el vidrio que cubre la estructura de un invernadero. La mayoría de los gases de efecto invernadero siempre han existido en la atmósfera y su ciclo parte de procesos naturales: Desde la llamada Revolución Industrial hasta nuestros días, los procesos industriales se desarrollan quemando combustibles fósiles (petróleo, gas y sus derivados, como la gasolina) y aprovechando de manera desmedida los recursos naturales.

Estas actividades están cambiando la composición de la atmósfera terrestre, emitiendo más gases y compuestos de efecto invernadero que pueden permanecer en la atmósfera hasta por más de 50 años. Si bien más de la mitad del  $\text{CO}_2$  emitido tarda un siglo en la actualidad para eliminarse de la atmósfera, cerca del 20% del  $\text{CO}_2$  emitido se mantiene en la atmósfera durante muchos milenios.

10

## PROPÓSITO DEL INVENTARIO DE EMISIONES

La realización periódica de los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero, sirven para generar una visión general en donde se identifican los principales sectores claves y la emisión de gases efecto invernadero por cada uno de estos, con la finalidad de poder implementar políticas públicas de mitigación y adaptación al cambio climático en la entidad.

El Estado de México presenta la actualización del inventario de emisiones estatal de gases de efecto invernadero (GEI), dichas emisiones se reportan en Gigagramos de  $\text{CO}_2$  equivalente [ $\text{Gg de CO}_2\text{eq}$ ], las cuales se obtienen multiplicando la cantidad de emisiones de un gas de efecto invernadero por su valor de potencial de calentamiento global. Al expresar las emisiones de GEI en estas unidades, podemos compararlas entre sí y medir

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

la contribución de cada sector y sus categorías. La actualización del inventario fue elaborada con metodologías comparables y desarrolladas por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 2006).

### OBJETIVO DEL INVENTARIO DE EMISIONES

Cuantificar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la entidad del año 2016, identificando cuales son los sectores que más contribuyen con las emisiones, con la finalidad de poder implementar políticas públicas de mitigación y adaptación al cambio climático en la entidad.

### DESARROLLO DEL INVENTARIO ESTATAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

La Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (SMAGEM) a través del Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático (IEECC), realiza de manera bianual, la actualización del Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, por lo que el presente inventario es con año base 2016, esto con la finalidad de ir cuantificando las emisiones y unir esfuerzos con el Gobierno Federal, los municipios, así como la población para reducir al año 2050 el 30% de las emisiones de Gases Efecto Invernadero.

Para la elaboración del presente inventario, se recabo información de los siguientes sectores; energía, procesos industriales, AFOLU y residuos, por lo que para estimar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, fue fundamental contar la mayor información posible y en los casos en donde no se contaba con información se emplearon datos nacionales.

Para la determinar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero con año base 2016, se empleó la metodología de las Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC 2006).

Las emisiones de Gases de Efecto Invernadero del año 2016, están expresadas en Gigagramos de CO<sub>2</sub> equivalente [Gg de CO<sub>2</sub>eq], las cuales se obtienen multiplicando la cantidad de emisiones de un gas de efecto invernadero por su valor de potencial de calentamiento global.



## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

La Región de la Zona Sur, la comprenden los siguientes 13 municipios: Almoloya de Alquisiras, Amatepec, Ixtapan del Oro, Luvianos, Oztoloapan, San Simón Guerrero, Santo Tomás, Sultepec, Tejupilco, Texcatitlán, Tlatlaya, Zacazonapan y Zacualpan.

La Región de Ixtapan de la Sal, la comprenden los siguientes 15 municipios: Amanalco, Coatepec Harinas, Donato Guerra, Ixtapan de la Sal, Joquicingo, Malinalco, Ocuilan, Temascaltepec, Tenancingo, Tonatico, Valle de Bravo, Villa de Allende, Villa Guerrero, Villa Victoria y Zumpahuacán.

Por último la Región Atlacomulco, la comprenden los siguientes 16 municipios: Acambay, Aculco, Atlacomulco, Chapa de Mota, El Oro, Ixtlahuaca, Jilotepec, Jiquipilco, Jocotitlán, Morelos, Polotitlán, San Felipe del Progreso, San José del Rincón, Soyaniquilpan de Juárez, Temascalcingo y Timilpan.

El Estado de México posee una biodiversidad muy variada, pues cuenta con características heterogéneas de clima, orografía e hidrografía que permiten el desarrollo de múltiples formas de vida, debido a su cercanía con la Ciudad de México, presenta una gran dinámica industrial, comercial y turística, aunado a ser la entidad federativa más poblada del país.

Derivado de las actividades que se llevan a cabo en nuestra entidad, muchas de ellas generan serios problemas de contaminación, es por ello que el Gobierno del Estado de México, deben tomar acciones en el corto, mediano y largo plazo, con la finalidad de abatir esta problemática, principalmente lo concerniente a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), que contribuyen al cambio climático.

## GASES DE EFECTO INVERNADERO Y LOS SECTORES QUE GENERAN LAS EMISIONES

Los Gases de Efecto Invernadero (GEI), son aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación infrarroja, entre ellos se encuentran: el metano ( $\text{CH}_4$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

El metano ( $\text{CH}_4$ ) es un gas incoloro e inflamable, el cual se genera por una amplia variedad de procesos naturales y antropogénicos, incluyendo la descomposición de residuos sólidos, por el tratamiento de aguas residuales y sus lodos, también el ganado

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

y la energía son las principales fuentes que emiten metano a la atmósfera donde actúa como gas de efecto invernadero, este gas posee la capacidad de atrapar 28 veces más calor que el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

El óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) es un gas incoloro y no inflamable, el sector ganadero, la excreta humana y la industria son las principales fuentes de emisión de óxido nitroso. En la atmósfera se comporta como un gas de efecto invernadero de gran potencia contribuye con un potencial de calentamiento equivalente a 265 veces mayor que el del  $\text{CO}_2$ .

El dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) es un gas incoloro y no inflamable, se encuentra en baja concentración en el aire que respiramos, el dióxido de carbono se genera cuando se quema cualquier sustancia que contiene carbono. También es un producto de la respiración y de la fermentación.

Para el presente inventario se estimaron las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para los siguientes 4 sectores: Energía, Procesos Industriales, Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU) y Residuos.

A continuación se muestran las emisiones de Gases de Efecto Invernadero del año 2016, por sector, describiendo en cada capítulo sus antecedentes, las consideraciones generales, la metodología empleada, las emisiones, así como las recomendaciones y referencia bibliográficas consultadas.

Las emisiones generadas en el presente inventario, se reportan en Gigagramos de dióxido de carbono equivalente [Gg de  $\text{CO}_2\text{eq}$ ], esto con la finalidad de hacer comparables las emisiones, empleando el potencial de calentamiento global de cada uno de los gases de efecto invernadero.

14

INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016



15

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### CAPÍTULO 1 SECTOR ENERGÍA

#### 1.1 ANTECEDENTES

Son conocidas las consecuencias del cambio climático global en todos los ámbitos de la vida del planeta, cambio que es causado principalmente por la concentración creciente de gases de efecto invernadero (GEI), en especial, el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Se predice que el cambio climático afectará más a los países en desarrollo por su baja capacidad de adaptación.

En el 2015, México ocupó el décimo segundo lugar en emisión de gases de efecto invernadero a nivel mundial y en ese año se emitieron 683 millones de toneladas de bióxido de carbono equivalente ( $\text{MtCO}_2\text{eq}$ ) de gases efecto invernadero (GEI) (SEMARNAT, 2015), mientras que en la entidad se emitió el 5.2% con respecto al total Nacional.

Del total de las emisiones, 64% correspondieron al consumo de combustibles fósiles y en la entidad fue del 65%.

En 1990, las emisiones de GEI en México fueron de 445  $\text{MtCO}_2\text{eq}$ . Es decir, entre 1990 y el 2015 las emisiones de México aumentaron un 54%, con una tasa de crecimiento anual (TCMA) de 1.7%. No obstante, la TCMA del 2010 al 2015 disminuyó a 0.8%.

La Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) ha propuesto la mitigación como estrategia para luchar contra el cambio climático.

Existen algunas alternativas efectivas, para reducir la emisión de contaminantes derivados del uso de la energía fósil, con la finalidad de disminuir al máximo los efectos adversos sobre el ambiente. Entre ellas se consideran principalmente.

- El aumento de la eficiencia energética, lo cual consiste en aumentar la actividad económica sin que se aumente el consumo de energía, a través del uso de nuevos procesos y tecnologías.
- En materia de Hidrocarburos, la investigación y desarrollo se adelanta para manufacturar nuevos productos y realizar nuevos procesos que reduzcan el efecto ambiental negativo en la producción, transporte y uso del petróleo.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

- El gas como alternativa, entre las principales tendencias se observa la sustitución del gas por la gasolina.
- Disponibilidad de nuevas tecnologías que permitan una mayor flexibilidad en el uso de las fuentes de energía, para satisfacer las mismas necesidades, la cual proporcionan al consumidor amplitud en sus posibilidades de selección del producto energético.
- Entre otras.

Por lo anterior, el estado de México actualiza desde 2013 (con año base 2005) los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero, con la finalidad de visualizar el impacto que tienen el uso de los combustibles en las diferentes categorías del sector energético y así poder dirigir las prioridades de mitigación de emisiones hacia las fuentes que causen mayor problemática, en cuanto a la cantidad de emisiones que se generen.

Por lo que, en este apartado se presenta un contexto energético estatal, una breve descripción de la demanda energética y las emisiones generadas por el consumo de combustibles en las distintas categorías del sector para el año 2016.

Así mismo se exponen las fuentes de información energética, unidades de medida y factores de conversión, además se incluye las metodologías empleadas para el cálculo de las emisiones generadas y los factores de emisión por el tipo de combustible empleado para cada categoría del sector que los utiliza.

17

### 1.2 CONSIDERACIONES GENERALES

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para el Sector Energía corresponden a aquellas que se producen a partir de los procesos de combustión por el uso de combustibles fósiles (1A) y de las emisiones fugitivas (1B), que se convierten en emisiones de CO<sub>2</sub> y las del resto de los gases (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, entre otros).

Las emisiones de combustión liberan bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>), respectivamente. En el consumo de combustibles fósiles, las emisiones de CO<sub>2</sub> dependen del contenido de carbono del combustible, no obstante, una parte del carbono se libera en forma de monóxido de carbono (CO), metano (CH<sub>4</sub>) o compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM); estos tres gases se oxidan con el tiempo y se convierten en CO<sub>2</sub> en la atmósfera (SEMARNAT, 2015).

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

A fin de poder comparar las emisiones de los distintos GEI, expresadas originalmente en Gigagramos (Gg) de cada gas emitido en particular, se les convirtió en Gg de CO<sub>2</sub> equivalente. Para ello, se utilizaron los Potenciales de Calentamiento Global (PCG) del Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático<sup>1</sup>.

El sector Energía comprende principalmente:

- La exploración y explotación de las fuentes primarias de energía.
- La conversión de las fuentes primarias de energía a fuentes secundarias en refinerías y centrales eléctricas.
- La producción, transporte y distribución de combustibles.
- El uso de combustibles en aplicaciones estacionarias y móviles. Las emisiones surgen de estas actividades por la quema de combustibles fósiles o también como emisiones fugitivas.

De los puntos anteriores, solo se evaluará lo correspondiente al uso de los combustibles, ya que en la entidad no existe la actividad de explotación, producción y transporte de combustibles. Gráfica 1.1.

18

En este contexto es posible clasificar las emisiones, según su fuente, como sigue:

- Fuentes estacionarias,
- Fuentes móviles, y
- Fuente de emisiones fugitivas.

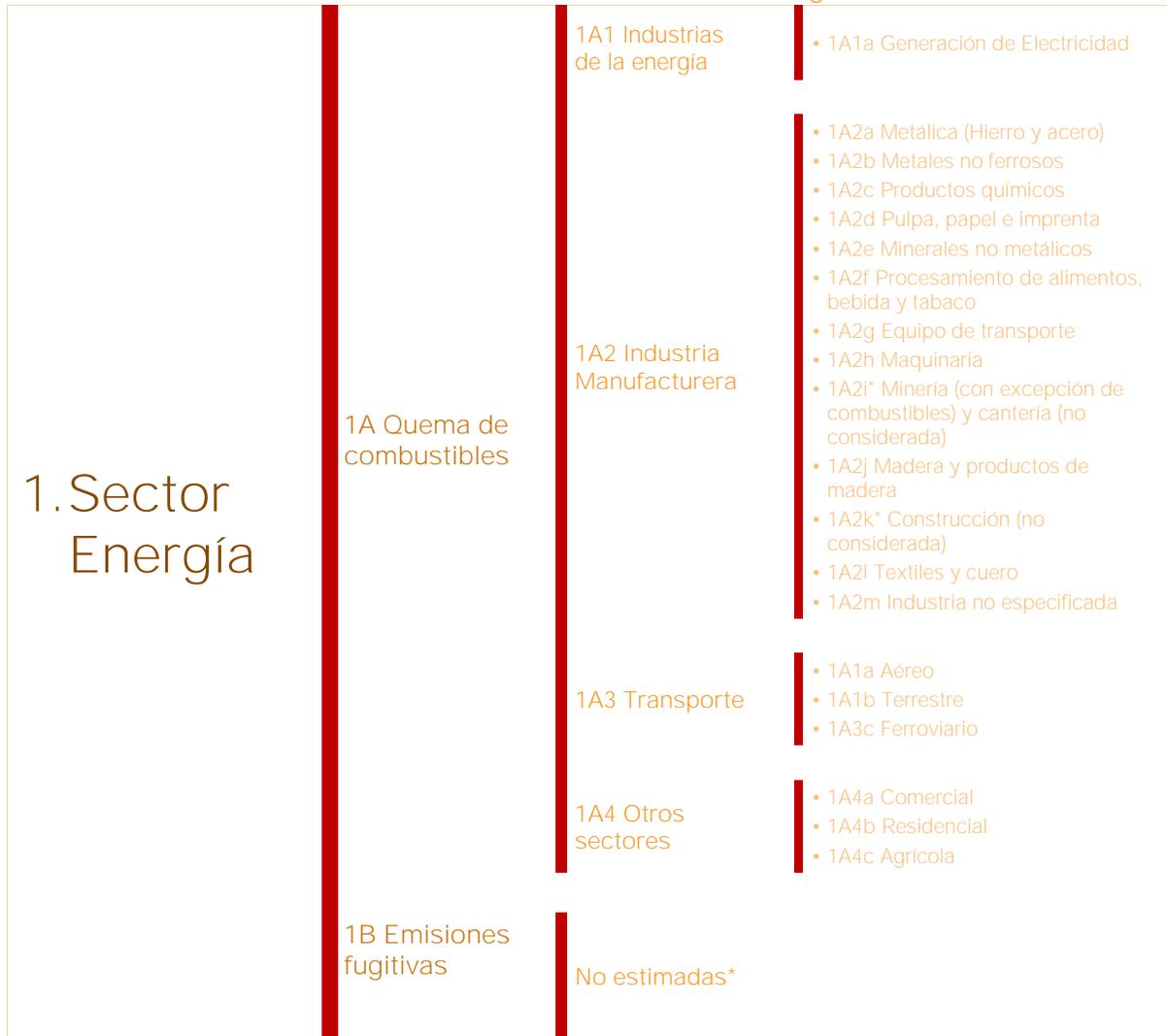
Para el caso de las emisiones fugitivas éstas se generan en las industrias que producen combustibles sólidos y de petróleo y gas natural. Sin embargo, en el presente documento no se estima esta categoría, ya que en la entidad no existen actividades de producción de combustible fósiles.

---

<sup>1</sup> Los valores del potencial de calentamiento global (PCG) se han actualizado en los sucesivos informes del IPCC; los valores del PCG100 del Quinto Informe de Evaluación (IE5) son distintos a los adoptados por el primer período de compromiso del Protocolo de Kyoto, que se tomaron del Segundo Informe de Evaluación (IE2) del IPCC. Los valores usados fueron: para CO<sub>2</sub> = 1, CH<sub>4</sub> = 28 y N<sub>2</sub>O = 265. Consultar documento en: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf)

**INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016**

Gráfica 1.1 Estructura del Sector Energía.

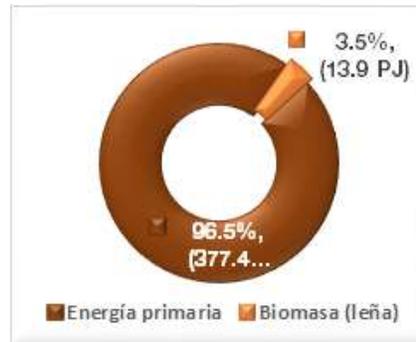


*\*No estimadas, debido a que estas actividades no se llevan a cabo en la entidad – sólo se realiza el almacenamiento y distribución de los combustibles.*

El sector energético en el Estado de México está compuesto fundamentalmente por combustibles de origen fósil, que en términos de peta joules (PJ) representan el 96.4% (377.4 PJ) de energía primaria para el 2016, mientras que la biomasa (leña) representa el 3.5% restante.

INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Gráfica 1.2 Porcentaje del consumo de combustibles en el sector energético.



La demanda de energía en el estado de México se basa en el uso de petrolíferos en las categorías que constituyen sus principales actividades económicas. Esta relación involucra su comercialización a consumidores intermediarios y finales.

Cada combustible cuenta con uno o varios sectores de demanda principales; así las gasolinas y el diésel están dirigidas a su uso en motores de combustión interna para el transporte; el gas natural principalmente para la generación de electricidad y la industria; el gas LP se destina a los sectores residencial, comercial, industrial, agropecuario y el autotransporte; el combustóleo, coque de petróleo y carbón lo emplea la industria; y finalmente la turbosina es usada en el transporte aéreo; (Tabla 1.1). Sin embargo, no toda la energía aprovechada está basada en la combustión de petrolíferos, sino también en el uso de energías renovables, cuyo potencial en México es alto.

Tabla 1.2 Consumo de combustibles por categoría del sector.

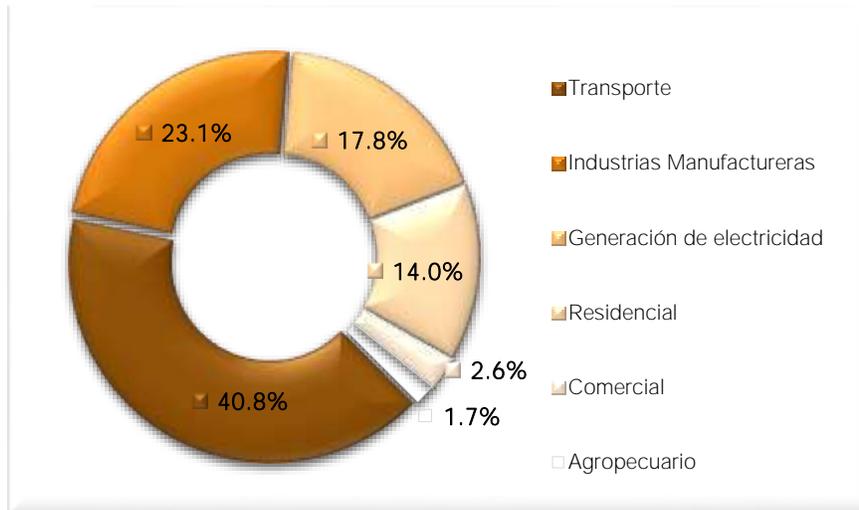
Sector Energía	Gas Natural	Gas LP	Diésel	Gasolina	Turbosina	Coque de petróleo	Combustóleo	Carbón	Leña	Total
Generación de electricidad <sup>a)</sup>	66.9	-	0.1	-	-	-	-	-	-	67.0
Industria Manufacturera*	74.7	4.8	1.7	-	-	5.3	0.7	0.1	-	87.2
Transporte	0.3	8.8	37.7	104.9	2.4	-	-	-	-	154.1
Otros	Comercial	0.9	9.0	-	-	-	-	-	-	9.9
	Residencial	3.1	49.7	-	-	-	-	-	13.9	66.6
	Agropecuario	-	0.5	5.9	-	-	-	-	-	6.4

a) Incluye el uso de combustibles en autoabastecimiento y cogeneración.  
 Fuente: IEECC, con información de SENER, SMAGEM\* y SEMARNAT\*.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

El sector de mayor consumo es el transporte con 40.8%, entre otros consumos sobresale la industria manufacturera con él 23.1%, seguido por la generación de energía eléctrica con 17.8% y finalmente otros sectores (residencial, comercial y agropecuario) con él 14.0%, 2.6% y 1.7% respectivamente (Gráfica 1.3). Para este análisis no se consideró a la biomasa, ya que no forma parte del total de las emisiones reportadas para este sector.

Gráfica 1.3 Porcentaje de consumo energético por categoría del sector.



21

### Consumo del Sector Eléctrico

Los combustibles fósiles utilizados para la generación de energía eléctrica se muestran en la Tabla 1.2, esta se caracteriza por estar constituida en su totalidad por tecnologías limpias (termoeléctricas de ciclo combinado y turbo gas) en el servicio público (CFE<sup>2</sup> y PIE<sup>3</sup>); así como por el servicio privado que utiliza procesos de autoabastecimiento y cogeneración.

Como se puede observar en la siguiente tabla, el combustible más empleado para esta actividad es el gas natural casi el 100% del total (99.9%) y el resto corresponde al diésel.

<sup>2</sup> CFE. Comisión Federal de Electricidad

<sup>3</sup> PIE. Productores Independientes de Energía

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

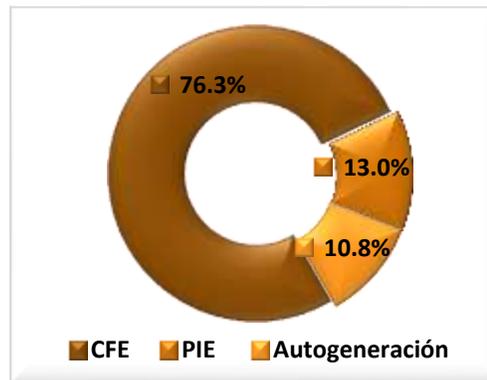
Tabla 1.2 Consumo de combustibles por la generación de electricidad.

Sector Energía / Categoría	Consumo en PJ		
	Gas Natural	Diésel	Total
Generación de electricidad	66.9	0.1	67.0
• CFE <sup>a)</sup>	51.1	-	51.1
• PIE <sup>b)</sup>	8.7	-	8.7
• Autogeneración	7.1	0.1	7.2
o Autoabastecimiento <sup>b)</sup>	4.8	0.1	4.9
o Cogeneración <sup>a)</sup>	2.3	0.0	2.3

Fuente: IEECC, con datos de consumo de combustibles de: a) SEMARNAT y b) SENER.

El consumo de combustibles en las subcategorías que generan electricidad se encuentra distribuido de la siguiente manera: el 76.3% corresponde a CFE, el 13.0% a los PIE y finalmente el 10.8% a la autogeneración. Gráfica 1.4.

Gráfica 1.4 Porcentaje de consumo energético por la generación de electricidad.



22

### Consumo de la industria manufacturera

La industria manufacturera, es la actividad económica que transforma una gran diversidad de materias primas en diferentes artículos para el consumo y representó el 9.0% del Producto Interno Bruto (PIB)<sup>4</sup> Nacional, siendo el estado de México uno de los principales aportadores al mismo.

<sup>4</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), mayo 2016.

**INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016**

Está constituida por empresas que son clasificadas de acuerdo con los productos que se elaboran en ellas como, por ejemplo: armadoras de automóviles, embotelladoras de refrescos, emparadoras de alimentos, laboratorios farmacéuticos, textiles, fábricas de juguetes, etc.

Como se muestra en la Tabla 1.3, en la industria manufacturera el combustible que más se utiliza para los procesos de combustión es el gas natural (85.6%), seguido de otros combustibles (7.0%) y finalmente el gas LP (5.4%) y diésel (1.9%).

Así mismo por esa actividad que realizan pueden ser clasificadas en federales y locales, a continuación, se muestra el consumo de combustibles fósiles de estas dos clasificaciones.

**Tabla 1.3 Consumo de combustibles en la industria manufacturera.**

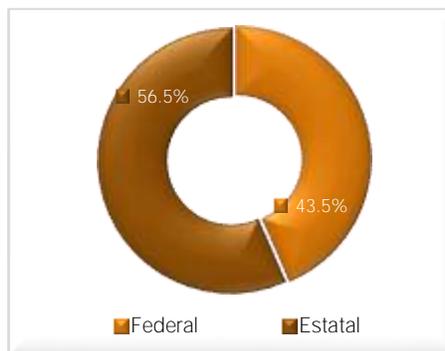
Sector Energía / Categoría	Consumo en PJ				
	Gas Natural	Gas LP	Diésel	Otros *	Total
Industria Manufacturera	74.7	4.8	1.7	6.1	87.2
• Federal <sup>a)</sup>	30.5	1.1	0.2	6.1	37.9
• Estatal <sup>b)</sup>	44.2	3.7	1.5	-	49.3

*\*Otros combustibles: combustóleo, coque de petróleo y carbón.*

*Fuente: IEECC, con datos de consumo de combustibles de: a) SEMARNAT y b) SMAGEM.*

La distribución del uso del combustible con respecto a su jurisdicción es como sigue: la industria estatal consume el 56.5% del total de esta categoría y la industria federal el 43.5%. Ver Gráfica 1.5.

**Gráfica 1.5 Porcentaje de consumo energético en la industria manufacturera.**



**INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016**

**Consumo del sector transporte**

El transporte en el estado de México está conformado por las subcategorías del transporte terrestre, ferroviario y aéreo.

En este sector y de acuerdo con la Tabla 1.4, se consumieron 154.1 PJ; de los cuales la gasolina fue la de mayor participación con el 68.1%. Cabe señalar que, en el caso del diésel, éste incluye el consumo realizado por las subcategorías del autotransporte y ferroviario que corresponde al 24.1% del consumo. El resto de los combustibles abarca el 7.5% de los cuales, el 1.6% (turbosina) es utilizado en el transporte aéreo y el resto 5.7% y 0.2% son del gas LP y gas natural ambos utilizados para el autotransporte.

**Tabla 1.4 Consumo de combustibles en el transporte.**

Sector Energía / Categoría	Consumo en PJ					Total
	Gasolina	Diésel	Gas LP	Gas Natural	Turbosina	
Transporte	104.9	37.7	8.8	0.3	2.4	154.1
• Terrestre	104.9	36.7	8.8	0.3	-	150.7
• Ferroviario	-	1.1	-	-	-	1.1
• Aéreo	-	-	-	-	2.4	2.4

Fuente: IEECC, con información de SENER.

Con respecto al consumo por subcategoría en la Gráfica 1.6 se observa que, el transporte terrestre consume el 97.8%, el transporte aéreo el 1.6% y el ferroviario el 0.7%.

**Gráfica 1.6 Porcentaje de consumo energético en el transporte.**



**INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016**

**Consumo de otros sectores**

Dentro de la categoría otros, se encuentra las actividades comerciales, residenciales y agrícolas que utilizan combustibles, el primero que utiliza equipos de combustión como actividad secundaria como son: los hoteles, restaurantes, tintorerías, etc.; mientras que para el sector residencial los combustibles se utilizan principalmente para la cocción de alimentos y para calentar agua; y finalmente en la parte agrícola los combustibles son utilizados para la sección de invernaderos (gas LP) y el diésel para la maquinaria y equipo agrícola y forestal. El combustible que más se utiliza en estas actividades es el gas LP con el 85.8% del total de esta categoría, el diésel con el 5.9 y el restante 4.0% corresponde al gas natural; cabe mencionar que aunque el uso de biomasa (leña) no se contabiliza en el total de las emisiones su uso impacta de una manera significativa en las emisiones generadas y este consumo representa el 16.7% con respecto al resto de los combustibles empleados de esta categoría. Ver Tabla 1.5.

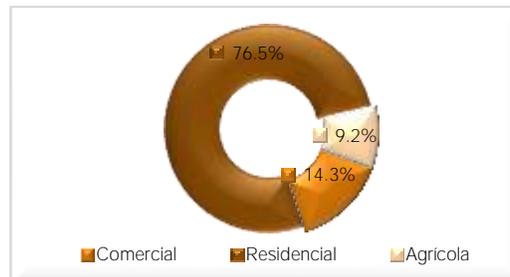
**Tabla 1.5 Consumo de combustibles en otros sectores.**

Sector Energía / Categoría	Consumo en PJ				
	Gas Natural	Gas LP	Diésel	Total	Leña*
Otros sectores	4.0	59.2	5.9	69.9	13.9
• Comercial	0.9	9.0	-	9.9	-
• Residencial	3.1	49.7	-	52.8	13.9
• Agrícola	-	0.5	5.9	6.4	-

\*El uso de leña, no se contabiliza para estimar emisiones de este sector, de acuerdo con el IPCC 2006.  
Fuente: IEECC, con información de SENER.

El consumo de combustibles de otros sectores sería como sigue: el sector residencial utiliza el 76.5%, el comercial el 14.3 y el agrícola el 9.2%. Ver Gráfica 1.7.

**Gráfica 1.7 Porcentaje del consumo energético en otros sectores.**



## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### 1.3 METODOLOGÍA EMPLEADA

En el presente inventario se aplicaron las metodologías propuestas por el documento “Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases Efecto Invernadero, Volumen 2: Energía”, elaboradas por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), versión 2006. Aquí, se reconoce un método de cálculo para estimar la cantidad de GEI que se produce por un sector y sus categorías.

La utilización del tipo de metodología se determina, basadas en el grado de información con el que se cuenta y la importancia de la categoría de fuente. La forma más sencilla para calcular emisiones es mediante la metodología arriba-abajo Nivel 1, que se basa en el consumo de combustible, puesto que las emisiones de todas las fuentes de combustión pueden estimarse sobre la base de las cantidades de combustible quemado (normalmente a partir de las estadísticas de energía nacionales y estatales) y los factores de emisión promedio.

Para el desarrollo del Sector energía en la categoría de Quema de combustible, los métodos utilizados son presentados en la Tabla siguiente:

Tabla 1.6 Quema de combustible: métodos aplicados en las categorías y subcategorías estimadas.

Sector energía	CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O	
	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión	Método aplicado	Factor de emisión
1A. Quema de combustibles	T1	D	T1	D	T1	D
1A1. Industria de la energía	T1	D	T1	D	T1	D
1A2. Industria Manufacturera	T1	D	T1	D	T1	D
1A3. Transporte	T1	D	T1	D	T1	D
1A4. Otros sectores	T1	D	T1	D	T1	D
1A4a. Comercial/institucional	T1	D	T1	D	T1	D
1A4b. Residencial	T1	D	T1	D	T1	D
1A4c. Agricultura / silvicultura / pesca / piscifactorías	T1	D	T1	D	T1	D

Fuente: IEECC.

T1 = Método Nivel 1; D = Defecto; NA = No aplica y ND = No determinado.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Las emisiones de GEI se suelen calcular como una relación entre el consumo de combustible y un factor de emisión diferenciado por el tipo de combustible y tipo de GEI. En general, para calcular las emisiones de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), la ecuación es la siguiente:

$$E_{GEI,x} = DA \times FE_{GEI,x} \quad . . . . . \text{Ecuación 1}$$

Donde:

- $E_{GEI,x}$  = Emisiones de GEI (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, entre otros), [Gg del gas emitido]
- DA = Dato de actividad, que para este caso sería la cantidad de combustible consumido [TJ]
- $FE_{GEI,x}$  = Factor de emisión por defecto de GEI [kg gas/TJ], donde x es el tipo de combustible consumido
- x = Tipo de combustible utilizado

La estimación de las emisiones se realizó usando un método de Nivel (o Tier) 1, el nivel más básico estipulado por las Directrices del IPCC 2006, para todos los GEI correspondientes. Esto se debe a que no se cuenta con la información necesaria para la elaboración de factores de emisión del país específico, necesarios para pasar a un método de Nivel 2.

27

### 1.3.1 Datos de actividad estadísticos y parámetros

La principal fuente de datos para la categoría Quema de combustibles es el Balance Nacional de Energía (BNE), y el Sistema de Información Energética (SIE) de la SENER, que concentra los consumos energéticos a nivel nacional, por entidad federativa, por combustible y por sector que los utiliza.

Adicionalmente, se incluyó información de las diferentes dependencias, empresas y fuentes diversas de información, quienes la aportaron directamente o mediante consultas en internet y son las siguientes:

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Tabla 1.7 Fuentes de información utilizadas para recopilar datos de actividad del sector energía.

Sector	Fuentes de información
Energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comisión Federal de Electricidad (CFE)</li> <li>• Comisión Nacional de Eficiencia Energética (CONUEE)</li> <li>• Comisión Reguladora de Energía (CRE)</li> <li>• Petróleos Mexicanos (PEMEX)</li> <li>• Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (IGECEM)</li> <li>• Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)</li> <li>• Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)</li> <li>• Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)</li> <li>• Secretaría de Energía (SENER)</li> <li>• Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (SMAGEM)</li> <li>• Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)</li> <li>• Servicio de Alimentación Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)</li> <li>• Áreas de Medio Ambiente y Ecología de los Ayuntamientos de Atizapán de Zaragoza, Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Ecatepec de Morelos, Huixquilucan, Naucalpan de Juárez y Tlalnepantla de Baz</li> <li>• Entre otros</li> </ul>

Como ya se mencionó en párrafos anteriores, la principal fuente de información sobre el consumo de combustibles es la SENER, sin embargo, para el caso de la industria manufacturera la información del consumo de combustibles se obtuvo de la Cédula de Operación Integral (COI) (SMAGEM, 2016) y de la Cédula de Operación Anual (COA) (SEMARNAT, 2016), para cada una de las subcategorías que representa al sector.

Para el caso del consumo para la actividad aérea, se estimó basándose en el consumo Nacional de ese sector reportado en el Sistema de Información Energética (SIE) de la SENER, con respecto a las tendencias del consumo y/o al número de operaciones del aeropuerto reportadas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

Finalmente, para el consumo de diésel en la subcategoría agropecuaria, ésta se estimó considerando el consumo Nacional de ese sector reportado en el Balance Nacional de

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Energía (BNE) de la SENER y considerando el número de unidades agrícolas y forestales que cuenten con uso de maquinaria agrícola, tanto a nivel Nacional, como en la entidad reportadas por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

### 1.3.2 Factores de emisión

Tanto en el Estado de México como a nivel Nacional no se cuenta con valores propios de factores de emisión para calcular las emisiones del Sector. Además, como no se cuentan con datos específicos de las diferentes tecnologías y equipos de quema de combustibles de cada una de las categorías se utilizan los factores por defecto de acuerdo con el Volumen 2 de las Directrices para los Inventarios Nacionales de Gases Efecto Invernadero, versión 2006<sup>5</sup> para todas las subcategorías incluidas y para todos los tipos de Gases de Efecto Invernadero estimados.

## 1.4 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES

El sector energético es responsable de más del 50% de las emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo. A nivel nacional representa la categoría más importante, ya que representa el 64% de las emisiones totales 683 MtCO<sub>2</sub>e (millones de toneladas de bióxido de carbono equivalente) (SEMARNAT, 2015).

En el 2016 las emisiones de la entidad del sector energía fueron de 24,583.5 Gg de CO<sub>2</sub>eq, así mismo la principal emisión del sector fue del CO<sub>2</sub>, que contribuyó con 98.3% (24,154.0 Gg de CO<sub>2</sub>eq) del total, seguida por las emisiones de N<sub>2</sub>O, 1.3% (321.5 Gg de CO<sub>2</sub>eq) y CH<sub>4</sub>, 0.4% (107.9 Gg de CO<sub>2</sub>eq, Tabla 1.8 y Gráfica 1.8.

Tabla 1.8 Emisiones de GEI por tipo de gas del Sector Energía [Gg de CO<sub>2</sub>eq]

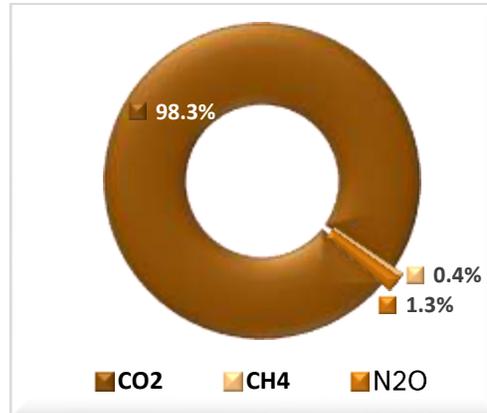
Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq				
Gas			Total	CO <sub>2</sub> por consumo de leña*
CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O		
24,154.0	107.9	321.5	24,583.5	1,683.8

\*Información adicional, ya que estas emisiones no se suman al total del sector  
Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC 2006.

<sup>5</sup> Consultar documentos en: <https://www.ipcc-nggip.iges.org/public/2006gl/spanish/index.html>

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Gráfica 1.8 Porcentaje de emisiones por tipo de gas.



### 1.4.1 Quema de combustibles (1A)

La categoría Quema de combustible agrupa a las emisiones de la oxidación dentro de un equipo diseñado para calentar o proporcionar calor a un proceso como calor o trabajo mecánico, o bien para aplicaciones fuera del equipo. La categoría incluye las siguientes subcategorías, de acuerdo con las directrices del IPCC, 2006<sup>6</sup>:

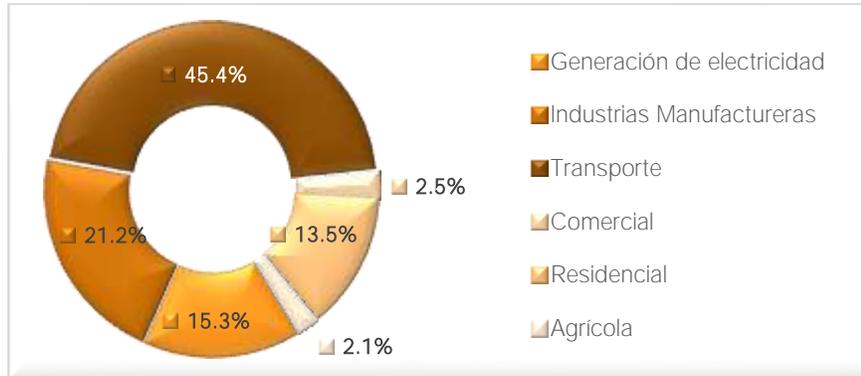
- 1A1 Industrias de la energía
- 1A2 Industrias manufactureras
- 1A3 Transporte
- 1A4 Otros sectores

En el Subsector Quema de combustibles para el año 2016, las emisiones de GEI fueron de 24,583.5 Gg de CO<sub>2</sub>eq. A nivel de subcategorías, las emisiones de GEI generadas en unidades de CO<sub>2</sub> equivalente provinieron principalmente del transporte, que contribuyó con 45.4%; seguido de la industria manufacturera, 21.2%; la generación de electricidad, 15.3% y otros sectores (comercial, residencial y agropecuario), 18.1% (2.5%, 13.5% y 2.1%). (Gráfica 1.9).

<sup>6</sup> Consultar documento en:  
[http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2\\_Volume2/V2\\_1\\_Ch1\\_Introduction.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf)

INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Gráfica 1.9 Porcentaje de emisiones por categoría del sector.



Lo anterior se puede ver reflejado en la Tabla 1.9, ya que la cantidad de emisiones que genera cada categoría del sector es directamente proporcional al consumo de combustible utilizado, porque a mayor consumo, mayor será la emisión emitida.

También se puede observar que las emisiones de N<sub>2</sub>O se generan principalmente por el consumo de gasolina en el autotransporte; además se incluyeron datos adicionales de las emisiones por el consumo de leña, pero éstos no fueron incluidos en las emisiones totales del sector, ya que así lo establece la metodología del IPCC, 2006.

Tabla 1.9 Emisiones de GEI por categoría del Sector Energía [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

Sector Energía		Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq				
Categoría / Subcategoría		Gas			Total Gg de CO <sub>2</sub> eq	CO <sub>2</sub> por consumo de leña*
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O		
Total del Sector		24,154.0	107.9	321.5	24,583.5	1,683.8
1A1 Generación de Electricidad		3,761.3	1.9	1.8	3,764.9	-
1A2 Industrias Manufactureras		5,194.9	2.9	3.4	5,201.1	-
1A3 Transporte		10,808.9	93.6	270.3	11,172.8	-
1A4 Otros sectores	1A4a Comercial	615.9	1.4	0.3	617.5	-
	1A4b Residencial	3,307.5	7.4	1.4	3,316.3	1,683.8
	1A4c Agrícola	465.7	0.8	44.4	510.9	-

\*Información adicional, ya que estas emisiones no se suman al total del sector  
Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC 2006.

INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

La mayor contribución de las emisiones por tipo de combustible son: gas natural y gasolina con el 33.3% y 30.8% respectivamente. Le siguen el gas L.P. y diésel, que aportan el 18.8% y 14.1%, y el 3.1% restante corresponde al coque de petróleo, combustóleo, turbosina y carbón (2.1%, 0.7%, 0.2% y 0.04%).

Tabla 1.10 Emisiones de GEI por tipo de combustible utilizado en el Sector Energía [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

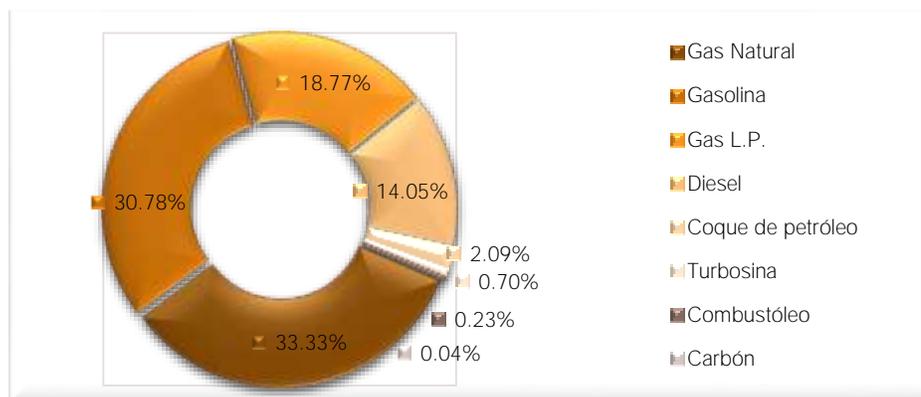
Sector Energía	Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq			
	Gas			Total
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	
Gas Natural	8,183.8	5.2	4.1	8,193.0
Gasolina	7,271.8	73.5	222.5	7,567.8
Gas LP	4,589.3	23.7	2.2	4,615.2
Diesel	3,359.4	5.0	90.6	3,454.9
Coque de petróleo	513.3	0.4	0.8	514.6
Turbosina	170.3	NS	1.3	171.6
Combustóleo	57.5	0.1	0.1	57.7
Carbón	8.6	NS	NS	8.7
Total del Sector*	24,154.0	107.9	321.5	24,583.5
Leña**	1,552.6	116.4	14.7	1,683.8

NS = No significativo

\*No incluye las emisiones por la quema de leña

\*\*Información adicional, ya que estas emisiones no se suman al total del sector  
 Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC 2006.

Gráfica 1.10 Porcentaje de emisiones por tipo de combustible del sector.



## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### 1.4.1.1 Industria de la energía (1A1)

Esta subcategoría considera las emisiones de los combustibles quemados por la extracción de combustibles o por las industrias de producción energética.

Sus componentes son:

- 1A1a Producción de electricidad y calor como actividad principal.
- 1A1b Refinación del petróleo.
- 1A1c Fabricación de combustibles sólidos y otras industrias de las energéticas.

Cabe mencionar que los puntos 1A1b y 1A1c, no fueron evaluados por no existir ese tipo de actividades en la entidad. En este contexto, las emisiones estatales de esta subcategoría incluyen: El consumo de combustible para la producción de electricidad tanto de las centrales eléctricas operadas por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), como de los Productores Independientes de Energía (PIE) y la Autogeneración, que proveen de electricidad al servicio público y privado. Dichas centrales emplean distintas tecnologías: como las de vapor, ciclo combinado y turbo gas. En 2016 las emisiones de GEI de la subcategoría contribuyeron con 3,764.9 Gg de CO<sub>2</sub>eq, que corresponde al 15.3% de las emisiones totales del sector.

33

Tabla 1.11 Emisiones de GEI por tipo de combustible utilizado en la generación de electricidad [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

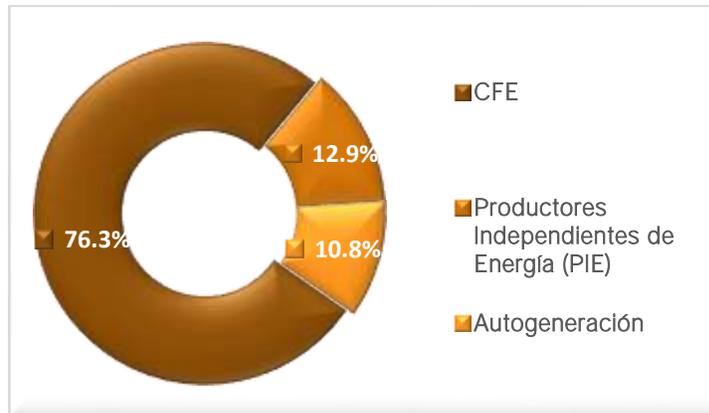
Generación de electricidad	Tecnología	Combustible	Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq
CFE		Gas Natural	2,871.3
● Termoeléctrica Valle de México (C.T.)	Vapor	Gas Natural	2,681.6
● Termoeléctricas (C.TG.)*	Turbo gas	Gas Natural	0.6
● No especificado	NE	Gas Natural	189.1
Productores Independientes de Energía (PIE)	Ciclo combinado	Gas Natural	487.5
Autogeneración	NE	Gas Natural Diesel	400.2 5.9
Total	-	Total	3,764.9
Generación de electricidad		Gas Natural Diesel	3,759.0 5.9

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC 2006

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

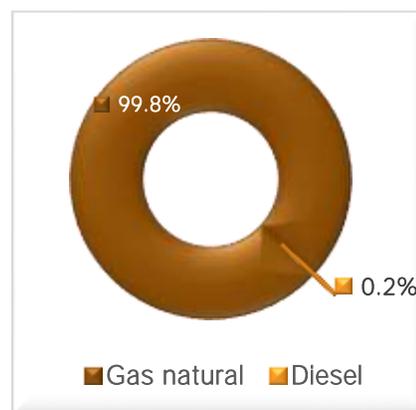
A nivel componente y por tipo de combustible, las emisiones se comportan con respecto al consumo de combustible consumido, donde, las termoeléctricas de CFE emiten el 76.3%, los pequeños productores independientes el 12.9% y el 10.8% restante corresponde a la autogeneración. Gráfica 1.11.

Gráfica 1.11 Porcentaje de emisiones por la generación de electricidad.



Se tiene que la emisión por tipo de combustibles y es como sigue: el gas natural emite el 99.8%, mientras que el diésel el 0.2%.

Gráfica 1.12 Porcentaje de emisiones por tipo de combustible para la generación de electricidad.



## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### 1.4.1.2 Industrias manufactureras (1A2)

Esta subcategoría considera las emisiones por la quema de combustibles en la industria manufacturera. Sus componentes son:

- 1A2a Metálica (Hierro y acero)
- 1A2b Metales no ferrosos
- 1A2c Productos químicos
- 1A2d Pulpa, papel e imprenta
- 1A2e Minerales no metálicos
- 1A2f Procesamiento de alimentos, bebida y tabaco
- 1A2g Equipo de transporte
- 1A2h Maquinaria
- 1A2i\* Minería (con excepción de combustibles) y cantería (no considerada)
- 1A2j Madera y productos de madera
- 1A2k\* Construcción (no considerada)
- 1A2l Textiles y cuero
- 1A2m Industria no especificada

35

Bajo este contexto, las emisiones estatales de esta subcategoría incluyen:

- Industrias y fundiciones de hierro y acero,
- La fabricación de sustancias químicas y productos químicos, principalmente industria petroquímica,
- La industria del papel, celulosa e impresión,
- Industrias dedicadas a la elaboración de productos alimenticios, bebidas y productos de tabaco,
- Fabricación de otros minerales no metálicos, principalmente cemento, y concreto premezclado,
- La fabricación de maquinaria y equipo para la industria manufacturera,
- La industria del transporte, dedicada a la fabricación de automóviles y camiones,
- Madera y productos de madera,
- Industrias no especificadas, es decir, industrias “no incluidas” en ninguna categoría de las anteriores y

**INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016**

- La industria de la minería que incluye la extracción de minerales metalíferos y explotación de otras minas y canteras y la construcción, no se consideraron en este apartado

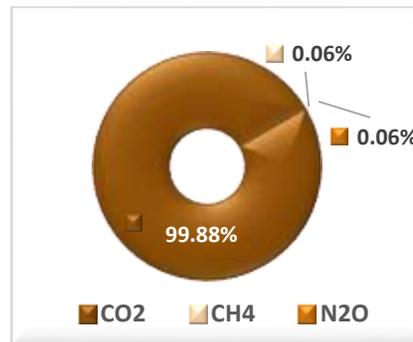
En el 2016 esta categoría del Sector Energía emitió 5,201.1 Gg de CO<sub>2</sub>eq, lo que corresponde al 21.2% del total emitido por el Sector; la distribución de emisiones por tipo de gas fue como sigue: el CO<sub>2</sub> contribuyó con 99.88%, el CH<sub>4</sub> con 0.06% y el N<sub>2</sub>O con 0.06%. (Tabla 1.12 y Gráfica 1.13).

Tabla 1.12 Emisiones de GEI por tipo de gas en la industria manufacturera [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq			
Gas			Total Industria manufacturera
CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	
5,194.9	2.9	3.4	5,201.1

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

Gráfica 1.13 Porcentaje de emisiones por tipo de gas de la industria manufacturera.



En la siguiente tabla, se observa que las emisiones se comportan con respecto al consumo de combustible utilizado, donde, el procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco aporta el 24.6%, los minerales no metálicos con el 19.9%, la industria no específica emite el 15.0%, pulpa, papel e impresión el 11.9%, la industria química el 11.2%, metales no ferrosos el 5.6%, textil y cuero el 5.5%, hierro y acero 3.4%, y el resto de las industrias generan el 2.9% (Gráfica 1.14).

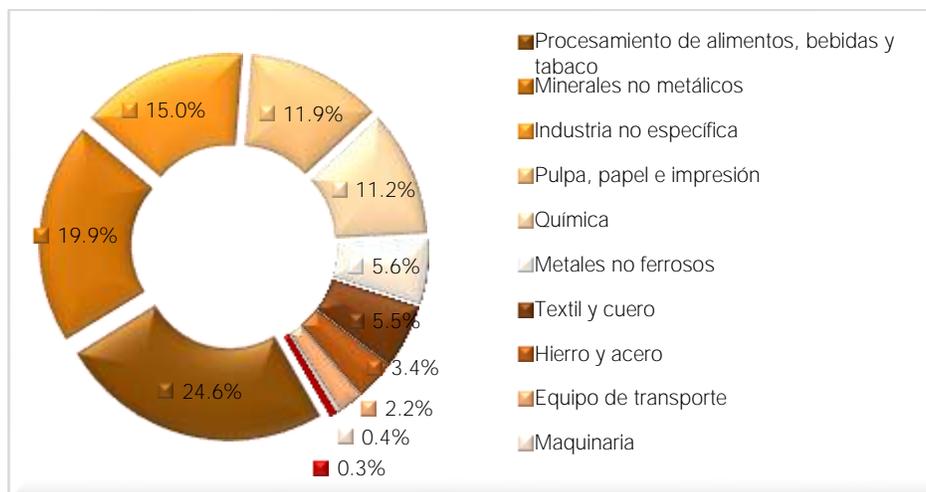
INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Tabla 1.13 Emisiones de GEI por tipo de combustible en la industria manufacturera [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

Industria Manufacturera	Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq				Total
	Combustible				
	Gas LP	Gas Natural	Diesel	Otros	
Hierro y acero	6.3	165.7	1.3	1.2	174.6
Metales no ferrosos	34.9	248.2	9.9	-	293.0
Química	29.0	537.7	11.4	2.5	580.6
Pulpa, papel e impresión	56.8	500.4	4.7	55.0	616.8
Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	49.6	1,205.0	26.2	-	1,280.8
Minerales no metálicos	17.6	493.2	1.9	522.2	1,034.9
Equipo de transporte	3.7	109.2	-	-	112.9
Maquinaria	12.2	9.7	0.8	-	22.7
Madera y productos de madera	3.9	11.6	1.5	-	17.0
Textil y cuero	50.2	219.3	18.6	-	288.0
Industria no específica	35.8	695.5	48.5	-	779.9
<b>Total Industria manufacturera</b>	<b>300.1</b>	<b>4,195.4</b>	<b>124.8</b>	<b>580.9</b>	<b>5,201.1</b>

Fuente: IECEC, utilizando metodología IPCC, 2006.

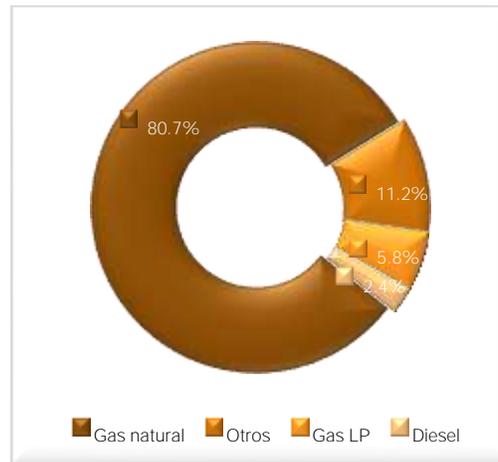
Gráfica 1.14 Porcentaje de emisiones por tipo de actividad de la industria manufacturera.



## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

También en la gráfica 1.15, se presentan las emisiones por tipo de combustible utilizado y se observa que el gas natural es responsable del 80.7%, otros combustibles el 11.2%, el gas L.P. el 5.8% y finalmente el diésel el 2.4%.

Gráfica 1.15 Porcentaje de emisiones por tipo combustible de la industria manufacturera.



38

### 1.4.1.3 Transporte (1A3)

Dentro de la subcategoría Transporte, se consideran todas las emisiones provenientes de la quema de combustibles de todas las actividades de transporte, excluyéndose el transporte militar. Sus componentes son:

- 1A3a Aviación
- 1A3b Transporte terrestre
- 1A3c Ferrocarriles
- 1A3d Navegación
- 1A3e Otro tipo de transporte.

Bajo este contexto, las emisiones estatales de esta subcategoría incluyen:

- Consumo de combustibles por la aviación (se considera al tráfico aéreo del aeropuerto ubicado en el municipio de Toluca).

**INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016**

- Uso de combustible en vehículos terrestres sobre carretera pavimentada, incluyendo automóviles, motocicletas, camiones para servicio ligero y pesado (incluye autobuses).
- Ferrocarriles, tanto de pasajeros como de carga, y
- La navegación marítima y fluvial, así como otros sectores, están excluidos ya que no existe esta actividad en la entidad.

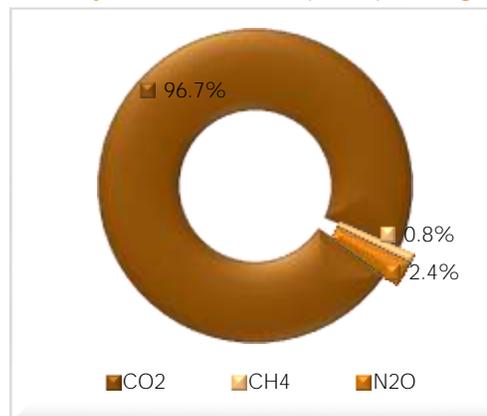
En el año 2016, las emisiones de GEI de la subcategoría del transporte fueron de 11,172.8 Gg de CO<sub>2</sub>eq, la distribución de emisiones por tipo de gas fue como sigue: el CO<sub>2</sub> contribuyó con 96.7%, el CH<sub>4</sub> con 0.8% y el N<sub>2</sub>O con 2.4%. (Tabla 1.14 y Gráfica 1.16).

Tabla 1.14 Emisiones de GEI por tipo de gas en la categoría del transporte [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

Transporte	Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> e			
	Gas			Total
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	
Aéreo	170.3	NS	1.3	171.6
Terrestre	10,560.3	93.5	261.0	10,914.8
Ferroviario	78.2	0.1	8.0	86.3
<b>Total Transporte</b>	<b>10,808.9</b>	<b>93.6</b>	<b>270.3</b>	<b>11,172.8</b>

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

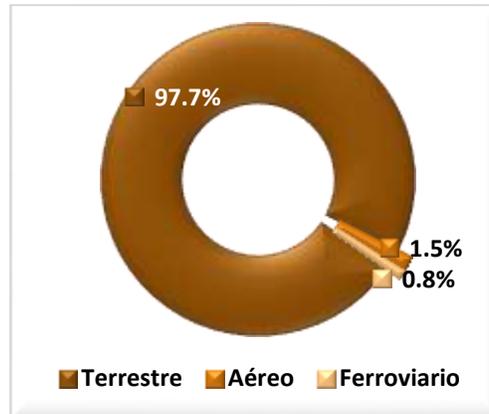
Gráfica 1.16 Porcentaje de emisiones por tipo de gas para el transporte.



**INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016**

A nivel subcategoría, el transporte terrestre aporta la mayor cantidad de emisiones con el 97.7%, seguido del transporte aéreo con el 1.5% y el ferroviario únicamente aporta el 0.8% (Gráfica 1.17).

Gráfica 1.17 Porcentaje de emisiones por subcategoría en la categoría del transporte.



A nivel tipo de combustible, la gasolina es el de mayor importancia del sector, ya que aporta el 67.7%, seguido del diésel con el 25.5%, el gas licuado con el 5.1%, la turbosina con el 1.5% y al final el gas natural con el 0.1% (Tabla 1.15 y gráfica 1.18).

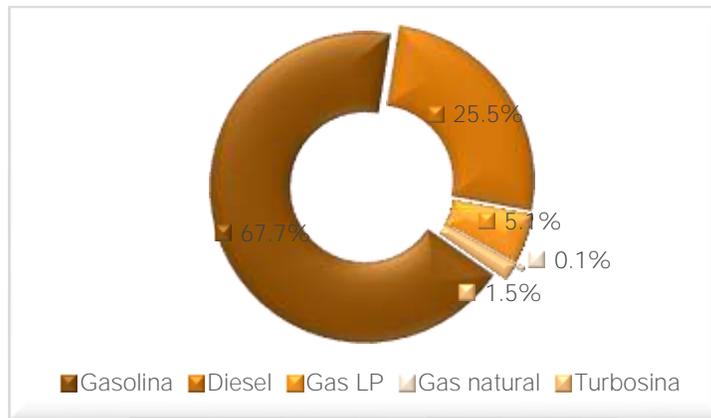
Tabla 1.15 Emisiones de GEI por tipo de combustible para categoría del transporte [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

Transporte	Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq					Total
	Combustible					
	Gasolina	Diesel	Gas LP	Gas natural	Turbosina	
Terrestre	7,567.8	2,758.7	572.3	16.0	-	10,914.8
Aéreo	-	-	-	-	171.6	171.6
Ferrovionario	-	86.3	-	-	-	86.3
<b>Total Transporte</b>	<b>7,567.8</b>	<b>2,845.0</b>	<b>572.3</b>	<b>16.</b>	<b>171.6</b>	<b>11,172.8</b>

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

**INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016**

Gráfica 1.18 Porcentaje de emisiones por tipo de combustible en la categoría del transporte.



**1.4.1.4 Otros sectores (1A4)**

Esta subcategoría considera las emisiones de la actividad de quema en edificios comerciales e institucionales, todas las emisiones por la quema de combustibles en hogares y emisiones de la combustión de combustibles usados en agricultura, silvicultura, pesca e industria pesquera. Sus componentes son:

41

- 1A4a Comercial
- 1A4b Residencial
- 1A4c Agricultura

Bajo este contexto, las emisiones estatales de esta subcategoría incluyen:

- Actividad de quema de combustible en edificios comerciales e institucionales.,
- Actividad de quema de combustible en hogares, y
- Actividad de quema de combustible usado en la agricultura (principalmente en uso para invernaderos y aquí se reportará el combustible utilizado en la maquinaria para actividades agrícolas).

En el año 2016, las emisiones de GEI de la subcategoría fueron de 4.444.6 Gg de CO<sub>2</sub>eq, lo que equivale al 18.0% con respecto al total del sector. El principal causante del aumento es el crecimiento en el uso de gas L.P. y gas natural en el sector residencial.



INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

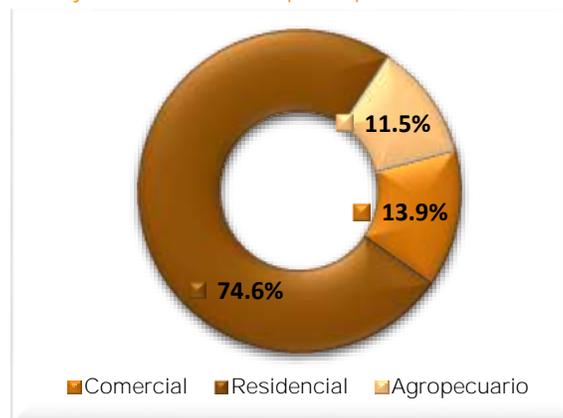
A nivel de componente, la subcategoría Residencial es la de mayor importancia con un 74.6%, seguido de 13,9% del sector Comercial y un 11.5% de la agricultura (Tabla 1.16 y gráfica 1.19).

Tabla 1.16 Emisiones de GEI por tipo de gas para otros sectores [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

Otros sectores	Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq			
	Gas			Total
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	
Comercial	615.9	1.4	0.3	617.5
Residencial	3,307.5	7.4	1.4	3,316.3
Agrícola	465.7	0.8	44.4	510.9
Total Otros Sectores	4,389.1	9.5	46.1	4,444.6

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

Gráfica 1.19 Porcentaje de emisiones por tipo de actividad en otros sectores.



A nivel tipo de combustible, el gas licuado es el de mayor importancia en otros sectores, ya que aporta el 62.1%, seguido de 27.5% de biomasa, 7.8% del diésel y 3.6% de gas natural (Tabla 1.17 y gráfica 1.20). Cabe mencionar que, aunque aquí se consideró la leña en el total de esta subcategoría, no se hizo, ya que así lo marca la metodología del IPCC, 2006.

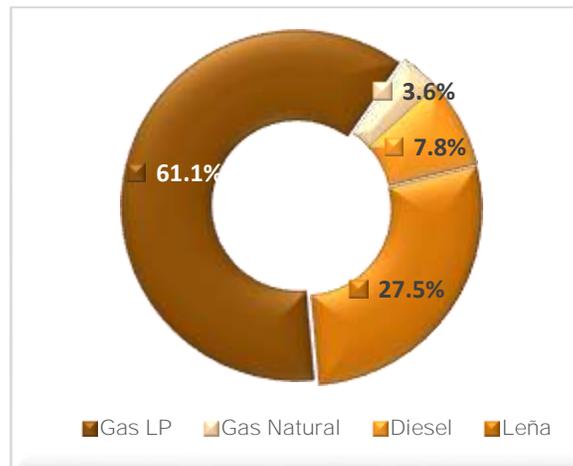
INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Tabla 1.17 Emisiones de GEI por tipo de combustible para otros sectores [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

Otros sectores	Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq				
	Combustible			Total	Leña
	Gas LP	Gas natural	Diesel		
Comercial	566.9	50.6	-	617.5	-
Residencial	3,144.3	172.0	-	3,316.3	1,683.8
Agrícola	31.7	-	479.2	510.9	
Total Otros Sectores	3,742.8	222.6	479.2	4,444.6	1,683.8

Fuente: IECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

Gráfica 1.20 Porcentaje de emisiones por tipo de combustible en otros sectores.



A nivel de actividad se observa que, en el sector Residencial por tipo de combustible, el gas licuado es el de mayor importancia con un 62.9%, seguido de la biomasa con 33.7% y 3.4% de gas natural; cabe mencionar que, aunque aquí se consideró la leña en el total de esta categoría, no se hizo, ya que así lo marca la metodología del IPCC, 2006. Para el sector Comercial el 91.8% de las emisiones son por el uso de gas LP y el resto 8.2% por el gas natural. Y para el sector agropecuario el diésel aporta el 93.8% de las emisiones, mientras que el gas LP el 6.2%. (Gráfica 1.21).

INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Gráfica 1.21 Distribución porcentual de emisiones por tipo de combustible y por actividad en otros sectores.



1.4.2 Comparación entre el método sectorial y el método de referencia

Esta subcategoría La comparación de los resultados de las emisiones de CO<sub>2</sub> obtenidos utilizando el método de referencia y el método sectorial permiten verificar la validez de los cálculos realizados. El método de referencia usa los valores totales de la estadística nacional, estatal y/o municipal de energía, mientras que el método sectorial usa valores parcializados acotados a cada categoría que en su conjunto suman lo que se genera en el estado del Sector Energía. En ambos casos la fuente de información fueron las mismas.

De forma general, Las emisiones de GEI, entre ambos métodos para el 2016, no presenta diferencias significativas (Tabla 1.18).

Tabla 1.18 Emisiones por el método sectorial y el método de referencia para el año 2015 en [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

Método	Sector
Sectorial	24,583.5
Referencia	23,981.3
Diferencia	602.2

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Al analizar anualmente la diferencia, el porcentaje de variación es de 2.4%, lo cual se observa está por debajo del 5% que indica la metodología del IPCC, 2006 como diferencia aceptable entre ambos métodos.

La diferencia presentada entre las emisiones estimadas por estos métodos se puede deber a errores estadísticos de los datos utilizados, puesto que los factores de emisión para ambos métodos son los valores por defecto de la metodología anteriormente descrita.

### 1.5 COMPARATIVO DE LAS EMISIONES CON RESPECTO AL AÑO 2015

Como se puede apreciar en la tabla 1.19, las emisiones anuales en el año 2015 fueron de 23,269.2 Gg de CO<sub>2</sub>eq, mientras que para el 2016 fueron de 24,583.5 Gg de CO<sub>2</sub>eq, lo que representó una variación porcentual del 5.3%, que nos indica que las emisiones se incrementaron en esa proporción.

A nivel categoría, casi todos los sectores tuvieron un incremento significativo como se menciona a continuación: el transporte incrementó el 5.7%, la industria manufacturera 7.0%, residencial 9.6% y el 93.5% corresponde a la agricultura; sin embargo, para la categoría de generación de electricidad las emisiones decrecieron en un 15.3%.

45

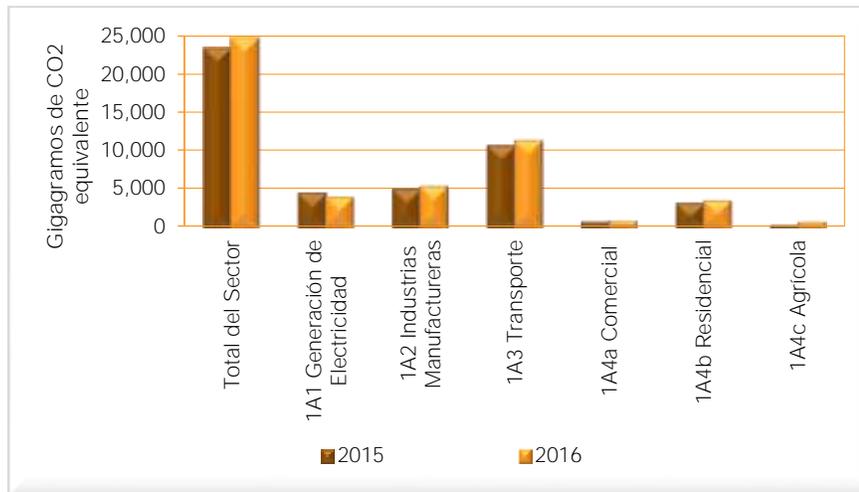
Tabla 1.19 Emisiones anuales de GEI [Gg de CO<sub>2</sub>eq] por categoría, para los años 2015 y 2016, para el sector energía

Sector Energía		Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq		Variación porcentual (%)
Categoría / Subcategoría		2015	2016	
Total del Sector		23,269.2	24,583.5	5.3%
1A1 Generación de Electricidad		4,340.6	3,764.9	-15.3%
1A2 Industrias Manufactureras		4,836.4	5,201.1	7.0%
1A3 Transporte		10,541.0	11,172.8	5.7%
1A4 Otros sectores	1A4a Comercial	519.4	617.5	15.9%
	1A4b Residencial	2,998.8	3,316.3	9.6%
	1A4c Agrícola	33.0	510.9	93.5%

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

**INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016**

Gráfica 1.22 Representación gráfica de las emisiones anuales de GEI [Gg de CO<sub>2</sub>eq] por categoría, para los años 2015 y 2016, del sector energía.



De la tabla y gráfica anterior se obtiene el siguiente análisis:

En la generación de electricidad se observó un decremento del 15.3%, lo que nos indica que el progreso tecnológico de las fuentes renovables de generación eléctrica, en particular la solar fotovoltaica, solar fototérmica, cogeneración, cambio de focos incandescentes por unos ahorradores y LED, cambio de electrodomésticos con una categoría energética mayor, entre otras, ha sido importante al grado de rebasar las expectativas relacionadas con las mejoras de sus costos de producción. Se prevé que este progreso tecnológico va a continuar en un futuro próximo y lejano debido a la difusión de estas tecnologías, las crecientes restricciones ambientales y la inestabilidad de los precios de petróleo y de gas natural.

Con respecto al resto de las categorías donde su tendencia fue la de incrementarse, se debe principalmente a la combinación del crecimiento demográfico, desarrollo económico e industrialización en la entidad lo que significa que el consumo de energía continuará aumentando, para cubrir las demandas energéticas de la entidad como consecuencia de su acelerado crecimiento. Estas tendencias, sumadas al mantenimiento del empleo de combustibles fósiles para producir energía, también significan que las emisiones GEI continuarán aumentando. Así mismo se espera que en los años próximos hayan crecido las expectativas de una difusión mayor de las fuentes renovables de energía.



CAPÍTULO 2  
SECTOR  
PROCESOS  
INDUSTRIALES

47

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### CAPÍTULO 2 SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES

#### 2.1 ANTECEDENTES

Algunas de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero son producidas por una gran variedad de actividades industriales. El sector de procesos industriales considera las emisiones generadas en la producción y uso de minerales, industria química, producción de metales, producción de papel, alimentos y bebidas, así como la producción y consumo de hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre, es importante señalar que no toma en cuenta la quema de combustibles fósiles en el proceso productivo.

Los GEI de las actividades industriales, se originan bajo la forma de subproductos. Estas emisiones no son producidas como consecuencia del consumo energético sino debido al proceso industrial en sí, es decir, las materias primas son transformadas químicamente de un estado a otro y esta transformación frecuentemente produce emisiones de GEI tales como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

Sus características dependerán de varios factores, como la calidad de los combustibles y materias primas empleadas e incluso del tipo de proceso y de la tecnología que se utiliza. El Estado de México contó con un Producto Interno Bruto (PIB) de 1,172.5 millones de pesos en el 2010, la economía del Estado de México fue la segunda más grande del país.

#### 2.2 CONSIDERACIONES GENERALES

El sector Procesos Industriales y uso de Productos (IPPU en inglés) se divide en los subsectores: Productos minerales, industria química, producción de metales, productos no energéticos de combustibles y de solventes, industria electrónica, uso de productos como sustitutos de sustancias agotadoras de la capa de ozono y otros productos (IPCC, 2006).

En el presente inventario se muestran los resultados de las emisiones derivadas de los subsectores productos minerales y uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes, para los años 2005, 2008, 2015 y el año 2016.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### 2.3 METODOLOGÍA EMPLEADA

Las emisiones generadas por este sector fueron calculadas con base a la metodología propuesta por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) versión 2006, en donde se señala el tipo de producto y los Gases de Efecto Invernadero asociados a su producción. Se llevó a cabo el llenado de los datos de producción o uso y los factores de emisión ocupados para el llenado de las hojas de cálculo de éste sector fueron los sugeridos por el IPCC 2006.

#### 2.3.1 Factores de emisión

Tanto en el Estado de México como a nivel Nacional no se cuenta con valores propios de factores de emisión para calcular las emisiones del Sector Procesos Industriales. Además, como no se cuentan con datos específicos de las diferentes tecnologías se utilizaron los factores por defecto de acuerdo con el Volumen 3 de las Directrices para los Inventarios Nacionales de Gases Efecto Invernadero, versión 2006, para las subcategorías incluidas y para todos los tipos de Gases de Efecto Invernadero estimados.

### 2.4 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES

Las emisiones totales de Gases de Efecto Invernadero del sector Procesos Industriales para el año 2016 fueron de: 3,482.3 Gg de CO<sub>2</sub>eq.

Siendo la subcategoría de fabricación de cemento la que aporta 1,158.3 Gg de CO<sub>2</sub>eq, le sigue la subcategoría cerámicas (uso de caliza) con una emisión de 997.9 Gg de CO<sub>2</sub>eq, la subcategoría uso y producción de lubricantes con una emisión de: 648.2 Gg de CO<sub>2</sub>eq, la subcategoría de uso y producción de cera de parafina aporta 447.6 Gg de CO<sub>2</sub>eq, la subcategoría de la producción de cal emite 217.2 Gg de CO<sub>2</sub>eq, mientras que la subcategoría del uso de carbonato de sodio aporta 10.3 Gg de CO<sub>2</sub>eq y la producción de vidrio aporta 2.8 Gg de CO<sub>2</sub>eq, la subcategoría de uso y producción de solventes no fue estimada. Tal y como se muestra en la Tabla 2.1.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Tabla 2.1 Emisiones de GEI por categoría y subcategoría del sector Procesos Industriales 2016 [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

Sector Procesos Industriales		Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq			
		Gas			Total
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Gg de CO <sub>2</sub> eq
Total del Sector		3,482.30			3,482.30
2.A. Subsector Minero	2.A.1. Producción de cemento	1,158.3			1,158.3
	2.A.2. Producción de cal	217.2			217.2
	2.A.3. Producción de vidrio	2.8			2.8
	2.A.4.a. Cerámicas (Uso de Caliza)	997.9			997.9
	2.A.4.b. Uso de Carbonato de Sodio	10.3			10.3
2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes	2.D.1. Uso y Producción de lubricantes	648.2			648.2
	2.D.2. Uso y Producción de la cera de parafina	447.6			447.6
	2.D.3. Uso y Producción de solventes	NE			NE

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006  
NE= No Estimada

50

### 2.4.1 Industria de los Minerales

La categoría Industria de los minerales incluye las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con los procesos que resultan del uso de materias primas carbonatadas en la producción y el uso de una variedad de productos minerales industriales. Las subcategorías asociadas son las siguientes:

- 2.A.1. Producción de cemento.
- 2.A.2. Producción de cal.
- 2.A.3. Producción de vidrio.
- 2.A.4. Otros usos de carbonatos en los procesos.

Las emisiones generadas por esta categoría son principalmente CO<sub>2</sub>, tal como se muestra en la tabla 2.2

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Tabla 2.2 Emisiones potenciales de la industria de los minerales.

Sector Procesos Industriales / Categoría	Gases de Efecto Invernadero						
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Otros
2.A1 Producción de cemento	X						
2.A2 Producción de cal	X						
2.A3 Producción de vidrio	X						
2.A4 Otros usos de carbonatos en los procesos							
2.A4.a Cerámicas	X						
2.A4.b Otros usos de la ceniza de sosa (carbonato sódico)	X						

Fuente: IPCC, 2006

En la Tabla 2.3 se muestran las Emisiones de GEI (Gg CO<sub>2</sub>eq) por categoría de la industria de los minerales, 2016.

Tabla 2.3 Emisiones de GEI por categoría de la industria de los minerales, 2016 [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

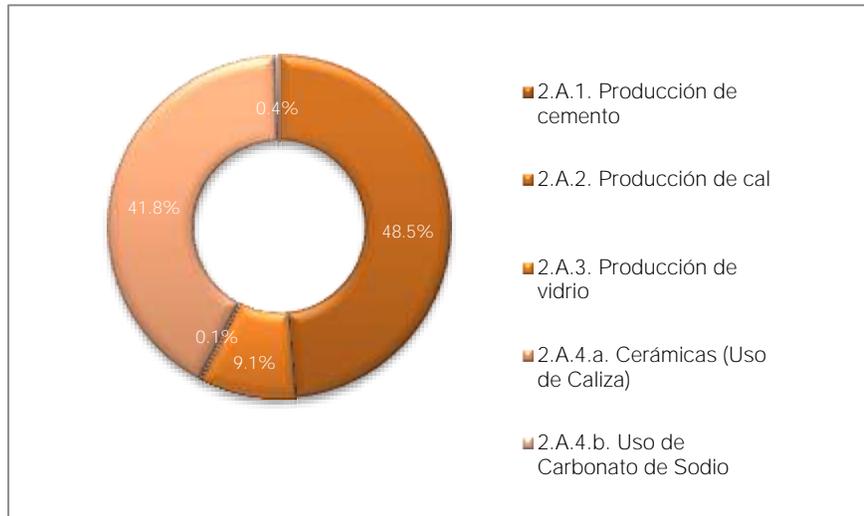
51

Sector Procesos Industriales		Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq			
Categoría / Subcategoría		Gas			Total
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Gg de CO <sub>2</sub> eq
Total del Sector		2,386.5			2,386.5
2.A1 Producción de cemento		1,158.3			1,158.3
2.A2 Producción de cal		217.2			217.2
2.A3 Producción de vidrio		2.8			2.8
2.A4 Otros usos de carbonatos en los procesos	2.A4.a Cerámicas	997.9			997.9
	2.A4.b Otros usos de la ceniza de sosa (carbonato sódico)	10.3			10.3

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Gráfica 2.1. Subcategoría Industria de los Minerales. 2016.



Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

En el contexto del Estado de México, estas mismas subcategorías incluye las emisiones de los procesos productivos.

52

La categoría Industria de los minerales es la principal categoría emisora de GEI del sector Procesos Industriales (PI), que fue en 2016 de 3,482.2 Gg de CO<sub>2</sub>eq, por lo que esta subcategoría representa un 69% de las emisiones de GEI del sector PI. En 2005, sus emisiones de GEI contabilizaron 3,653.8 Gg de CO<sub>2</sub>eq, representando un 63%, mientras que en 2008 fue de 3,754.9 con 87%. El principal causante de la tendencia y las variaciones es el aumento de la industria del cemento y el incremento de la producción y consumo de piedra caliza.

### Metodología de la categoría

Para la estimación de las emisiones de GEI de la categoría se aplicó el método Nivel 1 para todas las subcategorías, usando datos de actividades específicos y factores de emisión por defecto de acuerdo a las Directrices del IPCC de 2006.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### 2.4.2 Producción del cemento

#### Descripción de la subcategoría (2.A.1) Producción de Cemento

En la fabricación del cemento, el CO<sub>2</sub> se genera durante la producción de clínker, un producto intermedio constituido de nódulos, que es sometido a una molturación fina conjuntamente con una pequeña proporción de sulfato de calcio [yeso (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) o anhídrido (CaSO<sub>4</sub>)], para formar el cemento hidráulico (generalmente, el cemento portland). Durante la producción del clínker, se calienta o calcina la piedra caliza, compuesta esencialmente de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>), para producir cal (CaO) y CO<sub>2</sub> como productos derivados.

El cemento puede fabricarse completamente (por molienda) a partir de clínker importado, en cuyo caso la planta de producción de cemento puede ser considerada libre de toda emisión de CO<sub>2</sub> relacionada con el proceso de fabricación.

Entre el período de 2005 a 2016, la producción de cemento en el Estado de México aumentó de forma importante para el año 2008, descendiendo nuevamente hacia 2016.

En 2016, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 1,158.3 Gg de CO<sub>2</sub>eq (representando el 48 % de las emisiones de GEI de la categoría Industria de los minerales), siendo menor que el dato de 2008 con 1,397.7 Gg de CO<sub>2</sub>eq y de 2015 con 1,310.7 Gg de CO<sub>2</sub>eq, pero mayor que el de 2005, que tuvo un dato de 1,014.3 Gg de CO<sub>2</sub>eq. (Tabla 2.6). El principal causante de las fluctuaciones es la demanda de cemento desde la construcción.

### 2.4.3 Producción de cal

#### Descripción de la subcategoría (2.A.2) Producción de cal

La producción de cal se realiza en una serie de etapas, incluida la extracción de las materias primas, la trituration y el calibrado, la calcinación de las materias primas para producir cal y (si se requiere) la hidratación de la cal para obtener hidróxido de calcio. El óxido de calcio (CaO o cal viva) se forma durante el proceso de calcinación, al calentar la piedra caliza para descomponer los carbonatos. Dicho proceso se hace generalmente en hornos de caña u hornos rotatorios a altas temperaturas, liberándose CO<sub>2</sub>.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

En el Estado de México el proveedor tradicional de cal más importante es Cal de Apasco. La industria productora de cal en El Estado de México ha mantenido un incremento importante considerablemente en los últimos años.

La subcategoría Producción de cal es una importante emisora dentro de la categoría Industria de los minerales, representando el 9 % de sus emisiones de GEI en 2016. En 2005, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 175 Gg de CO<sub>2</sub>eq (8% de la subcategoría), descendiendo a 115 Gg de CO<sub>2</sub>eq (4% de la subcategoría) en 2008 y el valor más bajo fue de 82.1 Gg de CO<sub>2</sub>eq en 2015. Se considera la principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es la demanda de cal por las diferentes industrias, como la minería, que condiciona la producción nacional de cal, que ha ido en constante aumento.

### 2.4.3 Producción de cal

Descripción de la subcategoría (2.A.3) Producción de vidrio

Las principales materias primas del vidrio que emiten CO<sub>2</sub> durante el proceso de fundición son: la piedra caliza, la dolomita y la ceniza de sosa. Estos materiales, allí donde se extraen como carbonatos minerales para ser utilizados en la industria del vidrio, representan una producción primaria de CO<sub>2</sub> y deben incluirse en las estimaciones de emisiones.

El vidrio producido se usa para fabricar diversos productos, entre estos, botellas, iluminación, recipientes, vajilla e instrumentos de laboratorio, siendo usado también como material de construcción. Entre 2005 y 2016, la producción de vidrio se ha mantenido constante.

En 2016, las emisiones de GEI de contabilizaron 2,8 Gg de CO<sub>2</sub>eq (representando el 0,1 % de las emisiones de GEI de la categoría), mostrando solamente un incremento en 2008 con 144.1 Gg de CO<sub>2</sub>eq que representó un 4.4%, 28.8 Gg de CO<sub>2</sub>eq en 2015 y de 2.0 Gg de CO<sub>2</sub>eq en 2005 (0.1%). La principal causa de la tendencia y las variaciones interanuales es la demanda de vidrio tipo recipiente por parte de la industria.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### 2.4.4 Producción otros usos de carbonatos en los procesos

Categoría (2.A.4) Otros usos de carbonatos en los procesos.

Descripción de la subcategoría (2.A.4.a). Uso de Piedra Caliza

La calcinación de los carbonatos a altas temperaturas produce CO<sub>2</sub>; en esta sección se abarcan los usos de piedra caliza que no sean el uso de cal en la agricultura y el uso de piedra caliza, en la producción de cemento y cal reportada en la COA 2005 y 2008, así como 2016.

En 2016, las emisiones de GEI por producción/uso de piedra caliza contabilizaron 998 Gg CO<sub>2</sub>e (representando el 42% de las emisiones de GEI de la subcategoría), presentando su valor más alto en 2008 con 1,398 Gg de CO<sub>2</sub>eq que representó un 45%, de 950 Gg de CO<sub>2</sub>eq en 2015 (34%) y de 1,105 Gg de CO<sub>2</sub>eq en 2005 (48%). La principal causa de la tendencia y las variaciones interanuales es la demanda de piedra caliza por parte de la industria.

Descripción de la subcategoría (2.A.4.b). Uso de Carbonato Sódico

Durante el proceso de producción, la trona (el mineral principal del cual se extrae la ceniza de sosa natural) se calcina en un horno rotatorio de altas temperaturas y se transforma químicamente en carbonato de sodio, en este proceso se genera CO<sub>2</sub> y agua, como productos derivados. Conforme a las Directrices del 2006, las emisiones de CO<sub>2</sub> se generan tanto por la producción como por el consumo de carbonato de sodio; en el Estado de México solo existe consumo, como materia prima (COA 2005-2016).

En 2016, las emisiones de GEI por uso de carbonato sódico registraron 10 Gg de CO<sub>2</sub>eq (representando el 0.4 % de las emisiones de GEI de la subcategoría) y presentó su valor más alto en 2008 con 153 Gg de CO<sub>2</sub>eq que representó un 5%, de 10.1 Gg de CO<sub>2</sub>eq en 2015 (0.4%) y de 3 Gg de CO<sub>2</sub>eq en 2005 (0.1%). Al igual que en los casos anteriores la principal causa de la tendencia y las variaciones interanuales es la demanda por parte de la industria.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### 2.4.5 Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes

Descripción de la categoría (2. D) Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes.

La categoría Uso de productos no energéticos de combustible y de solventes incluye las emisiones de GEI generadas por los primeros usos de los combustibles fósiles como productos con fines primarios, excepto: i) la combustión con fines energéticos, y ii) el uso como sustancia de alimentación a procesos o como agente reductor. Las subcategorías asociadas son las siguientes:

- 2.D.1. Uso de lubricantes.
- 2.D.2. Uso de cera de parafina.
- **2.D.3. Uso de solventes.**

En el contexto del Estado de México, esta categoría incluye las emisiones de los procesos productivos siguientes:

- **2.D.1** Lubricantes
- **2.D.2** Ceras.

56

Las emisiones generadas por esta categoría son principalmente CO<sub>2</sub>, tal como se muestra en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Emisiones potenciales del uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes

Sector Procesos Industriales / Categoría	Gases de Efecto Invernadero						
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>	Otros
2.D1 Producción de lubricantes	X						
2.D2 Producción de cera parafina	X						
2.D3 Producción de solventes	X						

Fuente: IPCC, 2006

En la Tabla 2.5 se muestran las Emisiones de GEI (Gg CO<sub>2</sub>eq) por categoría del uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes, 2016.

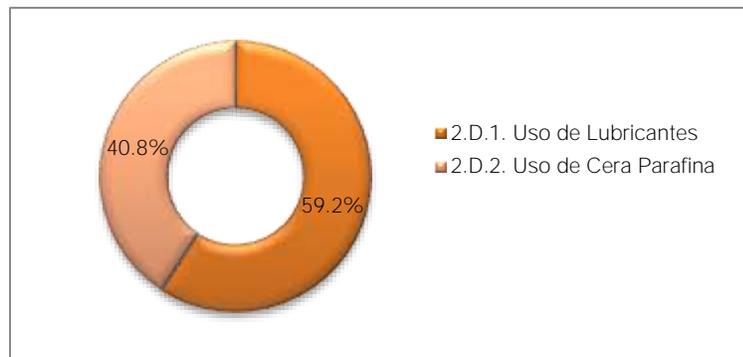
INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Tabla 2.5 Emisiones de GEI por categoría del uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes, 2016 [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

Sector Procesos Industriales Categoría / Subcategoría	Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq			
	Gas			Total
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Gg de CO <sub>2</sub> eq
Total del Sector	1,095.8			1,095.5
2.D1 Producción de lubricantes	648.2			648.2
2.D2 Producción de cera parafina	447.6			447.6
2.D3 Producción de solventes	NA			NA

Fuente: IECC, utilizando metodología IPCC, 2006.  
NA=No APLICA

Gráfica 2.2 Subcategoría Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes. 2016.



Fuente: IECC, utilizando metodología IPCC, 2006

La categoría Uso de productos no energéticos de combustible es la menor categoría emisora de GEI del sector Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU) (2,1 %). En 2016, sus emisiones de GEI sumaron 1,096.0 Gg de CO<sub>2</sub>eq, menores que los registrados en 2005 que fueron 1,355 Gg de CO<sub>2</sub>eq pero mayores a los de 2008 que registraron 472 Gg de CO<sub>2</sub>eq, siendo los más bajos en 2015 con 396 Gg de CO<sub>2</sub>eq. La tendencia y las variaciones se asocian a la demanda de lubricantes. Respecto a las subcategorías, el Uso de lubricantes es la de mayor relevancia con un 91,7 %, mientras que Uso de la cera de parafina aporta el 8,3 % restante.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### 2.4.6 Uso de Lubricantes

#### Descripción de la subcategoría (2.D.1) Uso de lubricantes

Los lubricantes se producen en las refinerías, por separación del petróleo crudo, o en las plantas petroquímicas. El principal uso de los lubricantes es en las aplicaciones industriales y en el transporte. El consumo de lubricantes en el Estado de México ha sido variable. Durante dicho período, el uso de lubricantes se ha sustentado principalmente en las importaciones, ya que la producción nacional de éstos es notablemente inferior a la importación. La subcategoría Uso de lubricantes es la principal subcategoría emisora dentro de la categoría Uso de productos no energéticos de combustible y solventes, representando el 91,7 % de sus emisiones de GEI. En 2016, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 648 Gg de CO<sub>2</sub>eq, que comparado con el año 2005 cuando cuantificó 985 Gg de CO<sub>2</sub>eq, disminuyendo 79 Gg de CO<sub>2</sub>eq en 2008. El principal causante de las variaciones es la demanda de lubricantes y por consiguiente, la importación y producción del mismo.

#### Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de emisiones de la subcategoría Uso de lubricantes se utilizó un método de Nivel 1 de acuerdo a las Directrices del IPCC del 2006, basado en aplicar un factor de emisión para el CO<sub>2</sub> a los datos de la cantidad de lubricantes que se consumen en el Estado de México.

### 2.4.7 Uso de la cera parafina

#### Descripción de la subcategoría (2.D.2) Uso de la cera parafina

Las ceras de parafina se utilizan en aplicaciones tales como velas, cajas corrugadas, revestimientos de papel, encolados de placas, producción de alimentos, betunes de brillo, tensoactivos (como los utilizados en los detergentes), entre otros usos.

En 2016, las emisiones de GEI de esta subcategoría contabilizaron 448 Gg de CO<sub>2</sub>eq (representando el 41 % de la categoría); en 2005 se registraron 370 Gg de CO<sub>2</sub>eq y en 2008 fueron 393 Gg de CO<sub>2</sub>eq. El principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es la demanda de cera y por consiguiente, las importaciones del mismo.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Aspectos metodológicos de la subcategoría

Para la estimación de emisiones de la subcategoría Uso de cera de parafina se utilizó un método de Nivel 1 de acuerdo a las Directrices del IPCC de 2006. El método se basa en aplicar un factor de emisión para el CO<sub>2</sub> a la cantidad de cera de parafina que se consumió en el Estado de México.

### 2.5 COMPARATIVO DE LAS EMISIONES 2016 CON RESPECTO AL AÑO 2015

Con la finalidad de comparar las tendencias, los valores publicados en el Inventario de Emisiones de GEI en 2013 para las mismas subcategorías fueron recalculados con base en la metodología 2006, ya que en dicho inventario 2013, se utilizó la metodología 1996.

En la Tabla 2.6 se muestra un comparativo de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero GEI por categoría de la industria de los minerales, de los años 2005, 2008, 2015 y 2016.

Tabla 2.6 Comparativo de las Emisiones de GEI por subcategoría de los años 2005, 2008, 2015 y 2016 [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

59

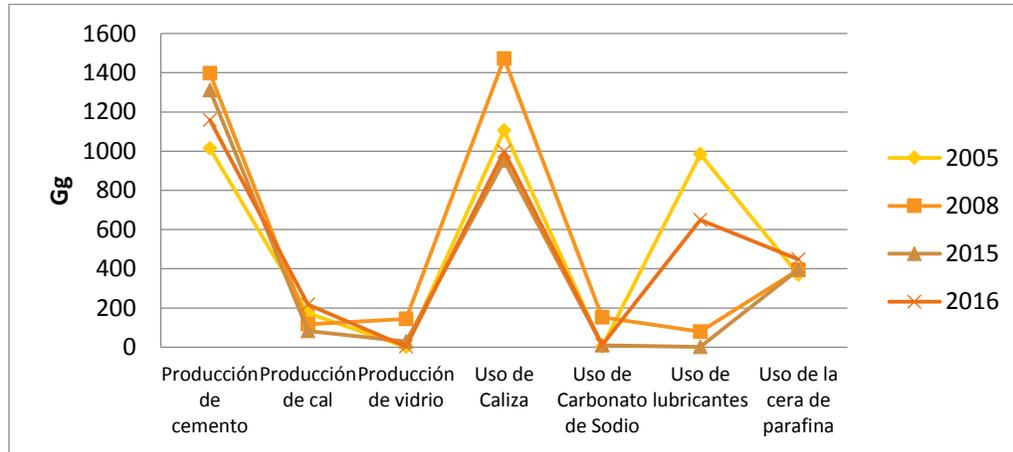
Sector Procesos Industriales		Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq			
Categorías / subcategorías		2005	2008	2015	2016
Totales		3,653.8	3,754.9	2,777.1	3,482.2
2.A. Subsector Minero	2.A.1. Producción de cemento	1,014.3	1,397.7	1,310.7	1,158.3
	2.A.2. Producción de cal	174.0	115.8	82.1	217.2
	2.A.3. Producción de vidrio	2.0	144.1	28.8	2.8
	2.A.4.a. Cerámicas (Uso de Caliza)	1,105.3	1,472.2	950.3	997.9
	2.A.4.b. Uso de Carbonato de Sodio	3.3	152.7	10.1	10.3
2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes	2.D.1. Uso y Producción de lubricantes	984.7	79.1	1.0	648.2
	2.D.2. Uso y Producción de la cera de parafina	370.3	393.3	395.1	447.6
	2.D.3. Uso y Producción de solventes	NE	NE	NE	NE

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006  
NE = No Estimada

En la Gráfica 2.3 se muestran las Emisiones de GEI por categoría y año del sector procesos industriales.

INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

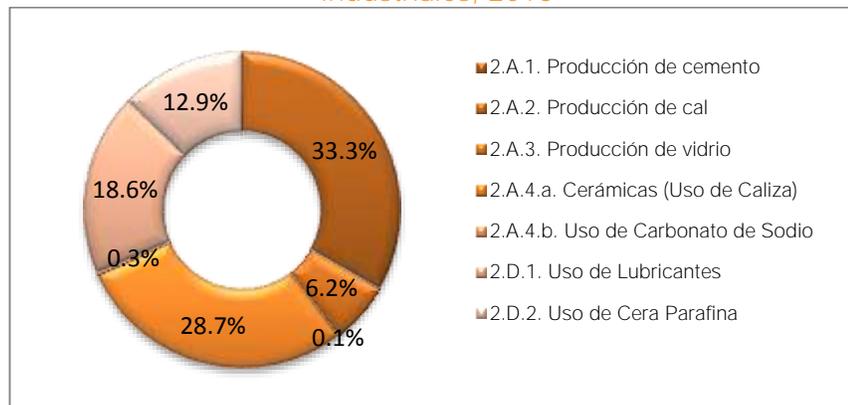
Gráfica 2.3 Emisiones de CO<sub>2</sub> por categoría y año del sector procesos industriales.



Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006

En la Gráfica 2.4 se muestran la contribución porcentual de las Emisiones de GEI por categoría y año del sector procesos industriales.

Gráfica 2.4 Contribución porcentual de las Emisiones de GEI, del Sector Procesos Industriales, 2016



Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006



**CAPÍTULO 3**  
**SECTOR AFOLU**  
**(Agricultura,**  
**silvicultura y**  
**otros usos de la**  
**tierra)**

61

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### CAPÍTULO 3 SECTOR AFOLU (AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA)

#### 3.1 ANTECEDENTES

La estimación periódica de las emisiones de gases de efecto invernadero, sirven para generar una visión y así formular políticas públicas y programas para la mitigación de estos gases. El primer inventario en donde se estimaron las emisiones del sector (AFOLU) fue con año base 2015 y la presente actualización con año base 2016, empleando la metodología propuesta por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) versión 2006, en inventarios anteriores sólo se estimaron las emisiones para el sector agricultura con años bases 2005, 2010 y 2014, debido a que se empleaba la metodología propuesta por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) versión 1996. La importancia de integrar inventarios de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), nos permite conocer las emisiones de estos gases en la atmósfera, con la finalidad de identificar las categorías que más contribuyen y plantear soluciones ante los posibles efectos del cambio climático y el calentamiento de la Tierra sobre las poblaciones humanas y los ecosistemas; además de contar con elementos para la evaluación y planificación de políticas enfocadas a medidas de respuesta apropiadas.

62

#### 3.2 CONSIDERACIONES GENERALES

Para el presente inventario se abordara el sector Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la tierra (AFOLU), donde se determinan las emisiones de metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) generadas durante el año 2016, empleando la metodología propuesta, actualizada y validada por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) versión 2006. Las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, para la subcategoría de fermentación entérica, se calcularon a partir de las cabezas de ganado, de aves, guajolotes y conejos, para la subcategoría de gestión del estiércol los factores de emisión empleados fueron para un clima templado y con una temperatura promedio en la entidad de  $15^\circ\text{C}$ . Se consideraron las emisiones provenientes de la fermentación entérica, el manejo de estiércol, y las provenientes del cultivo de arroz, la quema de residuos agrícolas y suelos agrícolas.

Las entidades federativas y los municipios en colaboración la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), realizan acciones

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

para fomentar el desarrollo del sector a través de diferentes esquemas de financiamiento, capacitación y tecnificación, para fines de presente inventario se consideró como fuente primaria de la información al Sistema de Información Agroalimentario y Pesquero (SIAP) dependiente de la SAGARPA y se recopiló información de la fermentación entérica, gestión de estiércol y el cultivo de arroz. Las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) son generadas como subproductos de la digestión y por la descomposición de las excretas del ganado, mientras que el manejo y la disposición que se le da a las excretas, son algunos de los factores que más influyen en la emisión de óxido nitroso N<sub>2</sub>O.

En las directrices del IPCC establece que para llevar a cabo la labor del inventario para la superficie de bosques y praderas convertidos en tierras cultivadas y pastos por tipo, durante dos periodos, es necesario contar con el año del inventario y los 10 últimos años. En la tabla 3.1 se muestran las fuentes de información que se consideraron para recopilar la información del sector AFOLU.

Tabla 3.21 Fuentes de Información consideradas para recopilar la información del sector AFOLU.

Sector	Fuentes de información
AFOLU	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).</li> <li>• Consejo Estatal de Población del Estado de México (COESPO).</li> <li>• Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OEIDRUS).</li> <li>• Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SAIP) SAGARPA</li> <li>• Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)</li> <li>• Entre otros</li> </ul>

63

### 3.3 METODOLOGÍA EMPLEADA

Para el sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la tierra) en el presente Inventario se calcularon las emisiones del año 2016, utilizando la metodología de las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, Volumen 4: AFOLU, elaboradas por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), versión 2006. Aquí, se reconoce un método de cálculo para estimar la cantidad de Gases de Efecto Invernadero que se produce por un sector y sus categorías. En la Tabla 3.2, se especifican los subsectores evaluados y los contaminantes para el sector AFOLU.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Tabla 3.2 Descripción de las Categorías y Subcategorías del sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la tierra).

Sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la tierra)		Gases de Efecto Invernadero		
Categoría / Subcategoría		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
3A Ganado	3A1 Fermentación entérica			
	3A1a Bovino		X	
	3A1b Búfalos		X	
	3A1c Ovinos		X	
	3A1d Caprino		X	
	3A1e Camello		X	
	3A1f Caballos		X	
	3A1g Mulas y asnos		X	
	3A1h Porcinos		X	
	3A1i Otros (especificar)		X	
	3A2 Gestión del estiércol			
	3A2a Bovinos		X	X
	3A2b Búfalos		X	X
	3A2c Ovinos		X	X
	3A2d Caprino		X	X
	3A2e Camello		X	X
	3A2f Caballos		X	X
	3A2g Mulas y asnos		X	X
	3A2h Porcinos		X	X
	3A2i aves de corral		X	X
3A2g Otros (especificar)		X	X	
3B Tierra	3B1 Tierra forestales			
	3B1a Tierras forestales que permanecen como tal	X		
	3B1b Tierras convertidas a tierras forestales	X		
	3B2 Tierra de cultivo			
	3B2a Tierras de cultivo que permanecen como tal	X		
	3B2b Tierras convertidas a tierras de cultivo	X		
	3B3 Praderas			
	3B3a Praderas que permanecen como tal	X		
	3B3b Tierras convertidas en praderas	X		
	3B4 Humedales			
	3B4a Humedales que permanecen como tal	X		
	3B4b Tierras convertidas en humedales	X		
	3B5 Asentamientos			
	3B5a Asentamientos que permanecen como tal	X		
	3B5b Tierras convertidas en asentamientos	X		
	3B6 Otras tierras			
	3B6a Otras tierras que permanecen como tal	X		
3B5b Tierras convertidas en asentamientos	X			
3B6b Tierras convertidas en otras tierras				
	3C1 Emisiones de GEI por quemado de biomasa			

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

3C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO <sub>2</sub> de la tierra	3C1a Emisiones de quemado de biomasa en tierras forestales		X	X
	3C1b Emisiones de quemado de biomasa en tierras de cultivo		X	X
	3C1c Emisiones de quemado de biomasa en tierras praderas		X	X
	3C1d Emisiones de quemado de biomasa en otras tierras		X	X
	3C2 Encalado	X		
	3C3 Aplicación de urea	X		
	3C4 Emisiones directas de los N <sub>2</sub> O de los suelos gestionados			X
	3C5 Emisiones indirectas de los N <sub>2</sub> O de los suelos gestionados			X
	3C6 Emisiones indirectas de los N <sub>2</sub> O de la gestión del estiércol			X
	3C7 Cultivo del arroz		X	
	3D1 Productos de madera recolectada			
	3D2 Otros (especificar)			

### 3.3.1 Factores de emisión

Tanto en el Estado de México como a nivel Nacional no se cuenta con valores propios de factores de emisión para calcular las emisiones del Sector AFOLU. Además, como no se cuentan con datos específicos de las diferentes tecnologías se utilizaron los factores por defecto de acuerdo con el Volumen 4, de las Directrices para los Inventarios Nacionales de Gases Efecto Invernadero, versión 2006, para las subcategorías incluidas y para todos los tipos de Gases de Efecto Invernadero estimados.

65

## 3.4 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES

En la presente actualización del inventario las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), se reportan en Gigagramos de CO<sub>2</sub> equivalente [Gg de CO<sub>2</sub>eq], al expresar las emisiones de GEI en estas unidades, podemos compararlas entre sí y medir la contribución de cada sector y sus categorías.

Las emisiones en Gigagramos de CO<sub>2</sub> equivalente [Gg de CO<sub>2</sub>eq], se obtienen multiplicando la cantidad de emisiones de un gas de efecto invernadero por su valor de potencial de calentamiento global (PCG).

### 3.4.1 Emisiones del Sector AFOLU

El Sector AFOLU para el año 2016, emitió 1,660.3 Gg de CO<sub>2</sub>eq, siendo las emisiones de metano con 1,360.9 Gigagramos y 290 Gigagramos de óxido nitroso. Tal y como se muestra en la Tabla 3.3.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Tabla 3.3 Emisiones de GEI por categoría del Sector AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la tierra) en [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

Sector AFOLU		Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq			
		Gas			Total
Categoría / Subcategoría		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Gg de CO <sub>2</sub> eq
<b>Total del Sector</b>		9.4	1,360.9	290.0	1,660.3
3A Ganado	<b>3A1 Fermentación entérica</b>		747.3		747.3
	3A1a Bovino		390.0		390.0
	3A1b Búfalos		NE		NE
	3A1c Ovinos		58.1		58.1
	3A1d Caprino		3.7		3.7
	3A1e Camello		NE		NE
	3A1f Caballos		37.5		37.5
	3A1g Mulas y asnos		13.5		13.5
	3A1h Porcinos		8.0		8.0
	3A1i Otros (especificar)		236.5		236.5
	<b>3A2 Gestión del estiércol</b>		<b>610.58</b>	38.4	649.0
	3A2a Bovinos		<b>463.62</b>	27.9	491.5
	3A2b Búfalos		NE	NE	NE
	3A2c Ovinos		<b>1.74</b>	0.5	2.3
	3A2d Caprino		<b>0.13</b>	0.0	0.2
	3A2e Camello		<b>0.00</b>	0.0	0.0
	3A2f Caballos		<b>3.41</b>	0.5	3.9
	3A2g Mulas y asnos		<b>1.21</b>	0.1	1.3
	3A2h Porcinos		<b>104.36</b>	NE	104.4
	3A2i aves de corral		<b>36.11</b>	9.2	45.3
3A2g Otros (especificar)		NE	NE	NE	
3B Tierra	<b>3B1 Tierra forestales</b>				NE
	3B1a Tierras forestales que permanecen como tal				
	3B1b Tierras convertidas a tierras forestales				
	<b>3B2 Tierra de cultivo</b>				NE
	3B2a Tierras de cultivo que permanecen como tal				

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

	3B2b Tierras convertidas a tierras de cultivo				
	<b>3B3 Praderas</b>				NE
	3B3a Praderas que permanecen como tal				
	3B3b Tierras convertidas en praderas				
	<b>3B4 Humedales</b>				NE
	3B4a Humedales que permanecen como tal				
	3B4b Tierras convertidas en humedales				
	<b>3B5 Asentamientos</b>				NE
	3B5a Asentamientos que permanecen como tal				
	3B5b Tierras convertidas en asentamientos				
	<b>3B6 Otras tierras</b>				NE
	3B6a Otras tierras que permanecen como tal				
	3B5b Tierras convertidas en asentamientos				
	3B6b Tierras convertidas en otras tierras				
3C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO <sub>2</sub> de la tierra	<b>3C1 Emisiones de GEI por quemado de biomasa</b>		0.0	54.4	54.4
	3C1a Emisiones de quemado de biomasa en tierras forestales			51.3	51.3
	3C1b Emisiones de quemado de biomasa en tierras de cultivo			NE	NE
	3C1c Emisiones de quemado de biomasa en tierras praderas			3.1	3.1
	3C1d Emisiones de quemado de biomasa en otras tierras			NE	NE
	<b>3C2 Encalado</b>	0.004			0.004
	<b>3C3 Aplicación de urea</b>	9.4			9.4
	<b>3C4 Emisiones directas de los N<sub>2</sub>O de los suelos gestionados</b>			0.0030	0.003
	<b>3C5 Emisiones indirectas de los N<sub>2</sub>O de los suelos gestionados</b>			197.3	197.3
	<b>3C6 Emisiones indirectas de los N<sub>2</sub>O de la gestión del estiércol</b>				
	<b>3C7 Cultivo del arroz</b>		3.1		3.1
	<b>3D1 Productos de madera recolectada</b>				
	<b>3D2 Otros (especificar)</b>				

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006; NE= No Estimado

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### 3.5 COMPARATIVO DE LAS EMISIONES CON RESPECTO AL AÑO 2015

Las emisiones del año 2015 fueron de: 3,701.3 Gg de CO<sub>2</sub>eq, mientras que las emisiones del año 2016 son de: 1,660.3. Tal y como se muestra en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 Comparativo con el año anterior de las Emisiones de GEI del Sector AFOLU, en [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

Sector	Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq	
	2015	2016
AFOLU	3,701.3	1,660.3

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006

INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016



69

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### CAPÍTULO 4 SECTOR RESIDUOS

#### 4.1 ANTECEDENTES

El Estado de México actualiza desde 2013 (con año base 2005) los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero, para el sector residuos, por lo que cuenta con los inventarios de emisiones de los años: 2010, 2014, 2015 y la presente actualización con información del año 2016.

Esto con la finalidad de identificar el impacto que tienen las diferentes categorías del sector residuos y con ello establecer acciones para reducir las misiones que se generen en este sector. El presente capítulo, presenta un contexto de las emisiones generadas por las categorías del sector residuos para el año 2016, así mismo se describen las fuentes de información, las metodologías empleadas para el cálculo de las emisiones.

La generación de los residuos sólidos es el resultado de actividades industriales, comerciales y antropogénicas, que aunado al incremento de la población, trae como consecuencia una gran cantidad de residuos sólidos urbanos generados diariamente, además de un manejo inadecuado, la falta de servicios de recolección, la quema de residuos a cielo abierto, así como la falta de separación y aprovechamiento de los residuos, tiene consecuencias negativas al ambiente. Además de causar daños en la salud de la población. Una disposición inadecuada de los residuos sólidos urbanos, causa daños al ambiente ya que si estos son quemados contribuyen con las emisiones de diferentes contaminantes que contribuyen con la mala calidad del aire, así mismo los residuos sólidos al ser depositados en sitios generan grandes cantidades de metano ( $\text{CH}_4$ ) el cual es un contaminante de efecto invernadero, también causa daños en el suelo donde se depositan, y si a esto se suma la infiltración de los lixiviados al subsuelo contamina el agua subterránea de los alrededores del sitio de confinamiento de los residuos.

Con respecto a la problemática con las aguas residuales, muchas de ellas provienen de las actividades domésticas, comerciales, de servicios, e industriales, que en algunos casos las descargas van directamente a ríos y lagos, además muchas de las aguas que se descargan al alcantarillado contienen residuos sólido, aceites, solventes, desengrasantes, etc. los cuales requieren de un tratamiento adecuado, desafortunadamente en el Estado de México, no todos los municipios cuentan con

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

plantas de tratamiento de las aguas residuales y en algunas zonas industriales las descargas las realizan a ríos, y son muy pocas las industrias que cuentan con su planta de tratamiento.

### 4.2 CONSIDERACIONES GENERALES

Para estimar las emisiones de este sector se requiere información de los residuos sólidos urbanos y de las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales e industriales, el consumo per cápita de proteína en el tratamiento y descarga de aguas residuales así como la cantidad de residuos incinerados.

Es importante destacar que el concepto de residuos se define de manera oficial según la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) como aquel material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido o semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a un tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en la Ley en mención y demás ordenamientos que de ella deriven.

Los residuos sólidos se clasifican en tres grandes grupos: Residuos Sólidos Urbanos (RSU), Residuos de Manejo Especial (RME) y Residuos Peligrosos (RP).

Con base al Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2017 (CNGMYD) referido al 2016, para el Estado de México el promedio diario de residuos sólidos recolectados fue de: 12,408,892 kg/día y la cantidad promedio diaria de materiales recuperados fue de 39,733 kg/día (de los cuales 2,731 kg/día son de papel y cartón; 701 kg/día son de Tereftalato de Polietileno (PET); 21 kg/día son de aluminio; 477 kg/día son de fierro, lámina y acero; 206 kg/día son de cobre, bronce y plomo; 1,568 kg/día son de vidrio; 250 kg/día son eléctricos y electrónicos; 2,744 kg/día son de plásticos; 26,840 kg/día son de materia orgánica y 4,1997 kg/día de otros materiales incluyendo llantas y aceites).

En el Estado de México, los residuos sólidos son depositados en vertederos controlados también conocidos como Rellenos sanitarios, los cuales son instalaciones de ingeniería para la disposición de los residuos sólidos urbanos, diseñados y operados para minimizar los impactos a la salud pública y al ambiente.

INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

También los residuos son depositados en vertederos clandestinos, los cuales son lugares elegidos por alguna persona para depositar sus residuos, estos son un grave problema de contaminación, enfermedades y otros problemas. Generalmente son establecidos en depresiones naturales o sumideros. En la figura 1 se muestran sitios de disposición final controlados y no controlados.

Figura 1. Sitios de disposición final controlados y no controlados



Con respecto a las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), son instalaciones donde a las aguas residuales se les retiran los contaminantes, para hacer de ella un agua sin riesgos para la salud y/o al medio ambiente al disponerla en un cuerpo receptor natural ya sea al mar, ríos o lagos o para su re-uso en otras actividades de nuestra vida cotidiana con excepción del consumo humano. (no para ingerir o aseo personal).

En las plantas de tratamiento se tienen un conjunto de operaciones y procesos unitarios de origen físico-químico o biológico, o combinación de ellos. En la Figura 2 se muestra una planta de tratamiento de aguas residuales.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

El tratamiento de las aguas residuales tiene varias etapas:

- Tratamiento Preliminar: Es el tratamiento donde se remueven los sólidos de gran tamaño y las arenas presentes en las aguas negras.
- Tratamiento Primario: Es el tratamiento donde se remueve una fracción los sólidos sedimentables y en suspensión por medios físicos y/o químicos. El Efluente del tratamiento primario suele tener una cantidad alta de materia orgánica y una Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) alta.
- Tratamiento Secundario: Es el tratamiento donde se transforma la materia orgánica biodegradable por la acción biológica en materia estable. Está principalmente diseñado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos, en algunos casos se incluye desinfección en esta etapa.
- Tratamiento Terciario o avanzado: Son tratamientos adicionales, que siguen a los tratamientos secundarios convencionales, para la eliminación de nutrientes, compuestos tóxicos y excesos de materia orgánica o de sólidos en suspensión.

Figura 2 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales



## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Para el sector Residuos en el presente Inventario se calcularon las emisiones del año 2016, utilizando la metodología de las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, Volumen 5.

Para la estimación de las emisiones de metano ( $\text{CH}_4$ ) provenientes de los residuos sólidos urbanos se utilizó la categoría (3.A.1), que es el Modelo de descomposición de primer orden, para determinar las emisiones procedentes de los sitios de eliminación de desechos sólidos (Rellenos sanitarios, sitios de disposición final controlados y sitios de disposición final no controlados. También se consideran las emisiones de metano provenientes del bordo poniente IV etapa, no se empleó la categoría 4A Eliminación de residuos sólidos, debido a que no se cuenta con las características del año de inicio y clausura de cada relleno sanitario.

Durante el año 2016 en la entidad operan 17 rellenos sanitarios, los cuales depositaron 4,233 toneladas diarias de residuos sólidos urbanos, 16 sitios de disposición final controlados en los que se depositaron 658 toneladas al día y 94 sitios de disposición final no controlados en los que se depositaron 7,518 toneladas diarias.

La categoría (4B) Tratamiento biológico de los residuos sólidos, no fue estimada por no contar con información en la entidad.

74

Para la categoría (4C) incineración e incineración abierta de desechos, la subcategoría (4C1) no se estimaron las emisiones del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), y metano ( $\text{CH}_4$ ) provenientes de la incineración de residuos, debido a que la Dirección General de Manejo Integral de Residuos (DGMIR) indicó que actualmente no hay ningún tipo de tratamiento de incineración incineración de residuos peligrosos industriales y biológico infecciosos, en la entidad.

La subcategoría (4C2) Incineración abierta de residuos si fue estimada para las emisiones de bióxido de carbono  $\text{CO}_2$  y metano  $\text{CH}_4$ , las emisiones de óxido nitroso  $\text{N}_2\text{O}$  no se estiman, debido a que se consideran como incineración abierta las quemas de los residuos agrícolas, las cuales se consideran en el sector AFOLU.

Para la categoría (4D) Tratamiento y descarga de aguas residuales se estimaron las emisiones de metano ( $\text{CH}_4$ ) para la subcategoría (4D1) Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas y las emisiones de Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) considerando el consumo per cápita de proteína en el tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

También se estimaron las emisiones de metano ( $\text{CH}_4$ ) para la subcategoría (4D2) Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales.

Para obtener el tipo de tratamiento y caudal tratado, se consideró la información proporcionada por la Comisión Nacional del Agua (CNA) y de la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM).

Los datos de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), fueron proporcionados por la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM) en el año 2017, referente al inventario de plantas de tratamiento municipal, con información del año 2016.

Para calcular el caudal tratado en litros/año, se consideró un tiempo de retención hidráulico de 6 horas y 240 días de operación en las plantas.

En el Estado de México se tienen 218 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, de las cuales en el año 2016 operaron 178 plantas de tratamiento, con un caudal de operación de 6,333.86 litros/segundo, para obtener el caudal el  $\text{m}^3/\text{año}$ , se consideró un tiempo de retención hidráulico de 6 horas y 240 días de operación en las plantas, lo cual nos da un caudal de 32,834,730.24  $\text{m}^3/\text{año}$ , 40 plantas de tratamiento en 2016 no estuvieron en operación.

En cuanto al número de plantas de tratamiento de aguas residuales industriales no se tiene el dato, sin embargo para estimar las emisiones provenientes del sector industrial se utilizó la información de RECICLAGUA, la cual da tratamiento a 10 millones de metros cúbicos de agua anualmente, también se consideró la producción anual que reportan las industrias en la Cédula de Operación Anual (COA), para carne, pescado, aves, margarina grasas sólidas, pasteles, biscochos, cereal para el desayuno, pan, pienso animales y tostado de café.

Para calcular las emisiones, también se hicieron las siguientes consideraciones:

Se distribuyó el dato de lodo removido proporcionado por la Comisión del Agua del Estado de México (CAEM), así como el TOW total calculado, ya que de acuerdo con la CAEM es el 80% del lodo removido, también se obtuvo el TOW por municipio y por tipo de tratamiento.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

En aguas residuales domésticas e industriales, el factor de corrección del metano (MFC) para tratamientos en plantas anaerobio-aerobio, se utilizó un promedio de MFC de anaerobio y aerobio.

Para determinar el factor de emisión para las aguas residuales domésticas e industriales, se consideró por tipo de tratamiento, aerobio, anaerobio y para el caso de tratamiento aerobio-anaerobio, se empleó un valor promedio de los factores de emisión de tratamiento aerobio y tratamiento anaerobio.

Para las emisiones de óxido nitroso ( $N_2O$ ) se consideró el consumo per cápita de proteína en el tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas.

De manera general para estimar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero para el sector Residuos, es necesario contar con la siguiente información del año 2016.

- Generación de residuos sólidos urbanos.
- El número de las plantas de tratamiento que operan en la entidad, así como su caudal tratado y tipo de tratamiento.
- Para el sector industrial el caudal tratado en sus plantas y tipo de tratamiento.
- Consumo per cápita de proteína.
- Cantidad de residuos quemados a cielo abierto.

76

Para obtener los datos de actividad y poder estimar las emisiones para el sector Residuos, estos fueron proporcionados por diversas dependencias a través de oficio, de grupos de trabajo con la federación o de la secretaría y de consultas en internet, las cuales se muestran en la tabla 4.1.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Tabla 4.22 Fuentes de Información consideradas para recopilar la información del sector Residuos.

Sector	Fuentes de información
Residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)</li> <li>• Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (SMAGEM)</li> <li>• Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México (SEDEMA)</li> <li>• Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)</li> <li>• Comisión Nacional del Agua (CNA)</li> <li>• Comisión del Agua del Estado de México (CAEM)</li> <li>• Consejo Estatal de Población del Estado de México (COESPO)</li> <li>• Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)</li> <li>• Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (IGECEM)</li> <li>• Dirección General de Protección Civil del Estado de México (DGPCEM)</li> <li>• Reciclagua Ambiental</li> <li>• Entre otros</li> </ul>

### 4.3 METODOLOGÍA EMPLEADA

Para el sector residuos en el presente Inventario se calcularon las emisiones del año 2016, utilizando la metodología de las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, Volumen 5: Desechos, elaboradas por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), versión 2006. Aquí, se reconoce un método de cálculo para estimar la cantidad de Gases de Efecto Invernadero que se produce por un sector y sus categorías.

En la Tabla 4.2, se especifican los subsectores evaluados y los contaminantes para el sector residuos.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Tabla 4.2 Descripción de las Categorías y Subcategorías del sector Residuos.

Categoría	Subcategoría	Datos de actividad	Contaminantes
4A Eliminación de residuos sólidos	3.A.1 Residuos Sólidos Urbanos (Modelo de Descomposición de primer orden)	Generación y disposición	CH <sub>4</sub>
4B Tratamiento biológico de los residuos sólidos	4B Tratamiento biológico de los residuos sólidos	Cantidad de residuos sólidos que tienen tratamiento biológico	CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O
4C Incineración e incineración abierta de residuos	4C1 Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico infeccioso	Cantidad incinerada de residuos	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O
	4C2 Quema a cielo abierto de residuos sólidos	Cantidad incinerada de residuos	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O
4D Tratamiento y descarga de aguas residuales	4D1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales	Plantas de tratamiento tipo y cantidad tratada	CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O
	4D2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	Plantas de tratamiento tipo y cantidad tratada	CH <sub>4</sub>

78

### 4.3.1 Factores de emisión

En el Estado de México como a nivel Nacional, no se cuentan con factores de emisión locales, por lo que para calcular las emisiones del Sector residuos. Se utilizaron los factores de emisión del Volumen 5, de las Directrices para los Inventarios Nacionales de Gases Efecto Invernadero, versión 2006, para las subcategorías incluidas y para todos los tipos de Gases de Efecto Invernadero estimados.

### 4.4 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES

En la presente actualización del inventario las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), se reportan en Gigagramos de CO<sub>2</sub> equivalente [Gg de CO<sub>2</sub>eq], al expresar las emisiones de GEI en estas unidades, podemos compararlas entre sí y medir la contribución de cada sector y sus categorías.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Las emisiones en Gigagramos de CO<sub>2</sub> equivalente [Gg de CO<sub>2</sub>eq], se obtienen multiplicando la cantidad de emisiones de un gas de efecto invernadero por su valor de potencial de calentamiento global (PCG).

Los potenciales de calentamiento global (PCG) que se utilizaron son: CO<sub>2</sub>=1, CH<sub>4</sub>=28 y N<sub>2</sub>O =265, los cuales corresponden al quinto informe de evaluación del IPCC 2003, y son los que también emplea el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).

### 4.4.1 Emisiones del Sector Residuos

El Sector Residuos para el año 2016, emitió 6,517.3 Gg de CO<sub>2</sub>eq, siendo la categoría (3.A.1) Residuos sólidos urbanos la que aporta 5,269.1 Gg de CO<sub>2</sub>eq, le sigue la categoría (4D) de Tratamiento y eliminación de aguas residuales con 926 Gg de CO<sub>2</sub>eq provenientes de las aguas residuales industriales y 321.3 Gg de CO<sub>2</sub>eq provenientes de las aguas residuales municipales. Por último la categoría (4C) emite 0.9 Gg de CO<sub>2</sub>eq provenientes de la quema a cielo abierto de residuos sólidos. Tal y como se muestra en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Emisiones de GEI por categoría del Sector Residuos [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

79

Sector Residuos		Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq			Total Gg de CO <sub>2</sub> eq
		Gas			
Categoría / Subcategoría		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	
Total del Sector		0.5	6,249.715	267.1	6,517.3
3.A.1 Residuos Sólidos Urbanos			5,269.09		5,269.1
4B Tratamiento biológico de los residuos sólidos			NE	NE	NE
4C Incineración y quema a cielo abierto de residuos	4C1 Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico infeccioso	NE	NE	NE	NE
	4C2 Quema a cielo abierto de residuos sólidos	0.48	0.45		0.9
4D Tratamiento y eliminación de aguas residuales	4D1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		54.17	267.08	321.3
	4D2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		926.00		926.0

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006; NE= No Estimada

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

La contribución porcentual por categoría para el Sector Residuos en el año 2016, quedó de la siguiente manera: la categoría (3.A.1) Residuos sólidos urbanos la que aporta el 80.8% de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq, le sigue la categoría (4D) de Tratamiento y eliminación de aguas residuales con 14.2 % de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq provenientes de las aguas residuales industriales y el 4.9% de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq provenientes de las aguas residuales municipales. Por último la categoría (4C) emite 0.01% de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq provenientes de la quema a cielo abierto de residuos sólidos. Tal y como se muestra en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4 Porcentaje de las Emisiones por Gas y CO<sub>2</sub>eq por categoría y subcategoría del Sector Residuos.

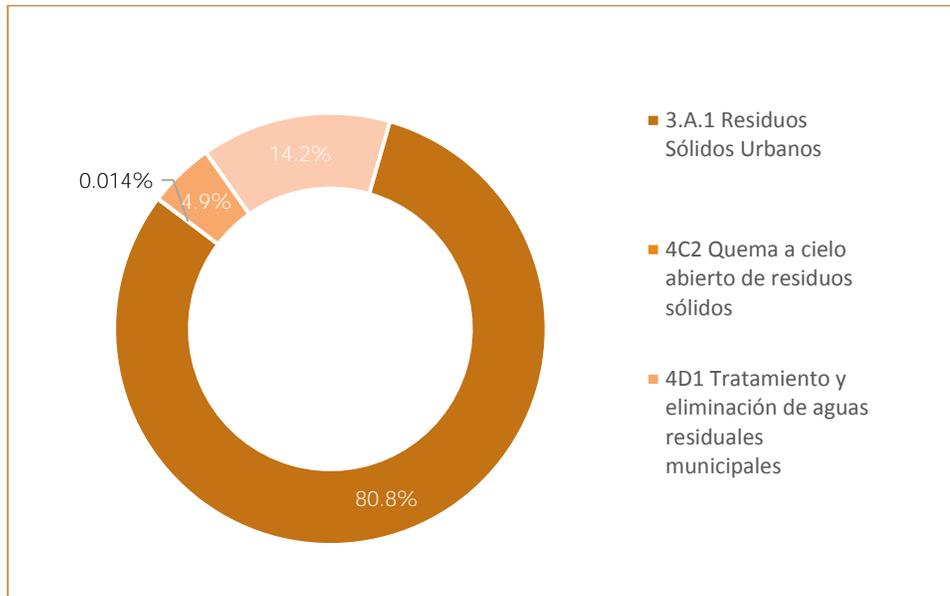
Sector Residuos Categoría / Subcategoría		Porcentaje de las Emisiones de CO <sub>2</sub> eq			TOTAL CO <sub>2</sub> eq
		Gas			
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	
Total del Sector		100	100	100	100.0
3.A.1 Residuos Sólidos Urbanos			84		80.8
4B Tratamiento biológico de los residuos sólidos			NE	NE	NE
4C Incineración y quema a cielo abierto de residuos	4C1 Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico infeccioso	NE	NE	NE	NE
	4C2 Quema a cielo abierto de residuos sólidos	100	0.01		0.01
4D Tratamiento y eliminación de aguas residuales	4D1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		1	100	4.9
	4D2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		15		14.2

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.  
NE= No Estimada

**INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016**

La gráfica 4.1 muestra la contribución porcentual de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq por subcategoría del Sector Residuos en el año 2016.

Gráfica 4.1 Porcentaje de las Emisiones de CO<sub>2</sub>eq por subcategoría del Sector Residuos.



Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

**4.4.2 Emisiones de la Eliminación de los residuos Sólidos Urbanos**

Para la estimación de las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) provenientes de los residuos sólidos urbanos se utilizó la categoría (3.A.1), que es el Modelo de descomposición de primer orden, para determinar las emisiones procedentes de los sitios de eliminación de desechos sólidos (Rellenos sanitarios, sitios de disposición final controlados y sitios de disposición final no controlados. También se consideran las emisiones de metano provenientes del bordo poniente IV etapa.

Para la categoría (3.A.1) Residuos sólidos urbanos las emisiones fueron de: 5,269.1 Gg de CO<sub>2</sub>eq, siendo principalmente por metano. Tal y como se muestra en la Tabla 4.5.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Tabla 4.5 Emisiones de GEI para la categoría Residuos Sólidos urbanos, [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

Sector Residuos Categoría / Subcategoría	Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq			
	Gas			Total
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Gg de CO <sub>2</sub> eq
Total		5,269.1		5,269.1
3.A.1 Residuos Sólidos Urbanos		5,269.1		5,269.1

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006.

### 4.4.3 Emisiones del Tratamiento biológico de los residuos sólidos

La categoría (4B) Tratamiento biológico de los residuos sólidos, no fue estimada por no contar con información en la entidad, tal y como se muestra en la tabla 4.6.

Tabla 4.6 Emisiones de GEI para la categoría del Tratamiento biológico de los residuos Sólidos, [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

Sector Residuos Categoría / Subcategoría	Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq			
	Gas			Total
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Gg de CO <sub>2</sub> eq
Total del Sector		NE	NE	NE
4B Tratamiento biológico de los residuos sólidos		NE	NE	NE

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006; NE= No Estimada

82

### 4.4.4 Emisiones de la Incineración y quema a cielo abierto de residuos

Para la categoría (4C) incineración e incineración abierta de desechos, la subcategoría (4C1) no se estimaron las emisiones del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), y metano (CH<sub>4</sub>) provenientes de la incineración de residuos, debido a que la Dirección General de Manejo Integral de Residuos (DGMIR) indicó que actualmente no hay ningún tipo de tratamiento de incineración incineración de residuos peligrosos industriales y biológico infeccioso, en la entidad.

La subcategoría (4C2) Incineración abierta de residuos si fue estimada. Por lo que está subcategoría aporta 0.48 Gg de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), las emisiones y 0.45 Gg de metano (CH<sub>4</sub>), dando un total de 0.93 Gg de CO<sub>2</sub>eq. Tal y como se muestra en la Tabla 4.7.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Tabla 4.7 Emisiones de GEI para la categoría de la Incineración y quema a cielo abierto de residuos, [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

Categoría / Subcategoría		Gas			Total Gg de CO <sub>2</sub> eq
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	
Total del Sector		0.48	0.45	NE	0.93
4C Incineración y quema a cielo abierto de residuos	4C1 Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico infeccioso	NE	NE	NE	NE
	4C2 Quema a cielo abierto de residuos sólidos	0.48	0.45		0.9

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006; NE= No Estimada

Para esta subcategoría las emisiones de óxido nitroso N<sub>2</sub>O no se estiman, debido a que se consideran como incineración abierta las quemas de los residuos agrícolas, las cuales se consideran en el sector AFOLU.

### 4.4.5 Emisiones del Tratamiento y eliminación de aguas residuales

83

Para la categoría (4D) Tratamiento y descarga de aguas residuales se estimaron las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) para la subcategoría (4D1) Tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas y las emisiones de Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) considerando el consumo per cápita de proteína en el tratamiento y descarga de aguas residuales domésticas.

También se estimaron las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) para la subcategoría (4D2) Tratamiento y descarga de aguas residuales industriales.

Por lo que para la subcategoría (4D1), las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) fueron de: 54.2 Gg y las emisiones de Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) son de: 267.1 Gg, las cuales dan un total de 321.3 Gg de CO<sub>2</sub>eq. Mientras que para la subcategoría (4D2) las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) fueron de: 926 Gg, dando un total de 926 Gg de CO<sub>2</sub>eq. Tal y como se muestra en la Tabla 4.8.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Tabla 4.8 Emisiones de GEI para la categoría de Tratamiento y eliminación de aguas residuales, [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

Sector Residuos		Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq			
		Gas			Total
Categoría / Subcategoría		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Gg de CO <sub>2</sub> eq
Total del Sector			980.17	267.08	1,247.25
4D Tratamiento y eliminación de aguas residuales	4D1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		54.2	267.1	321.3
	4D2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		926.0	0.0	926.0

Fuente: IECEC, utilizando metodología IPCC, 2006.

### 4.5 COMPARATIVO DE LAS EMISIONES CON RESPECTO AL AÑO 2015

Las emisiones del año 2015 fueron de: 5,567.7 Gg de CO<sub>2</sub>eq, mientras que las emisiones del año 2016 son de: 6,517.3 Gg de CO<sub>2</sub>eq, a pesar de utilizar la metodologías del IPCC 2006 las emisiones incrementaron con respecto al año pasado, también para el año 2016 si se estimaron las emisiones provenientes de la quema de residuos a cielo abierto. Tal y como se muestra en la Tabla 4.9.

84

Tabla 4.9 Comparativo con el año anterior de las Emisiones de GEI del Sector Residuos, [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

Sector Residuos		2015	2016
Categoría / Subcategoría		Total	Total
		Gg de CO <sub>2</sub> eq	Gg de CO <sub>2</sub> eq
Total del Sector		5,567.7	6,517.3
3.A.1 Residuos Sólidos Urbanos		4,557.3	5,269.1
4B Tratamiento biológico de los residuos sólidos		NE	NE
4C Incineración y quema a cielo abierto de residuos	4C1 Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico infeccioso	NE	NE
	4C2 Quema a cielo abierto de residuos sólidos	NE	0.9
4D Tratamiento y eliminación de aguas residuales	4D1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales	408.1	321.3
	4D2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	602.3	926.0

Fuente: IECEC, utilizando metodología IPCC, 2006; NE= No Estimada

INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016



85

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### 5.1 EMISIONES TOTALES

Las emisiones de gases efecto invernadero en la entidad para el año 2016, fueron de:36,243.4 Gg de CO<sub>2</sub>eq, de las cuales el sector energía aportó 24,583.5 Gg de CO<sub>2</sub>eq, el sector procesos industriales aportó con 3,482.3 Gg de CO<sub>2</sub>eq, el sector AFOLU 1,660.3 Gg de CO<sub>2</sub>eq y el sector residuos 6,517.3 Gg de CO<sub>2</sub>eq. Tal y como se muestra en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1 Emisiones de GEI en la entidad del año 2016, por categoría [Gg de CO<sub>2</sub>eq].

Categoría / Subcategoría		Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq			
		Gas			Total
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Gg de CO <sub>2</sub> eq
TOTALES		27,646.2	7,718.5	878.6	36,243.4
Total del Sector ENERGÍA		24,154.0	107.9	321.5	24,583.5
1A1 Generación de Electricidad		3,761	1.9	1.8	3,764.9
1A2 Industrias Manufactureras		5,194.9	2.9	3.4	5,201
1A3 Transporte		10,808.9	93.6	270.3	11,172.8
1A4 Otros sectores	1A4a Comercial	615.9	1.4	0.3	617.5
	1A4b Residencial	3,307.5	7.4	1.4	3,316.3
	1A4c Agrícola	465.7	0.8	44.4	510.9
Total del Sector PROCESOS INDUSTRIALES		3,482.3			3,482.3
2.A. Subsector Minero	2.A.1. Producción de cemento	1,158.3			1,158.3
	2.A.2. Producción de cal	217.2			217.2
	2.A.3. Producción de vidrio	2.8			2.8
	2.A.4.a. Cerámicas (Uso de Caliza)	997.9			997.9
	2.A.4.b. Uso de Carbonato de Sodio	10.3			10.3
2.D. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes	2.D.1. Uso y Producción de lubricantes	648.2			648.2
	2.D.2. Uso y Producción de la cera de parafina	447.6			447.6
	2.D.3. Uso y Producción de solventes	NE			NE

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Total del Sector AFOLU		9.4	1,360.9	290.0	1,660.3
3A Ganado	<b>3A1 Fermentación entérica</b>		747.3		747.3
	3A1a Bovino		390.0		390.0
	3A1b Búfalos		NE		NE
	3A1c Ovinos		58.1		58.1
	3A1d Caprino		3.7		3.7
	3A1e Camello		NE		NE
	3A1f Caballos		37.5		37.5
	3A1g Mulas y asnos		13.5		13.5
	3A1h Porcinos		8.0		8.0
	3A1i Otros (especificar)		236.5		236.5
	<b>3A2 Gestión del estiércol</b>		<b>610.58</b>	38.4	649.0
	3A2a Bovinos		<b>463.62</b>	27.9	491.5
	3A2b Búfalos		NE	NE	NE
	3A2c Ovinos		<b>1.74</b>	0.5	2.3
	3A2d Caprino		<b>0.13</b>	0.03	0.2
	3A2e Camello		NE	NE	NE
	3A2f Caballos		<b>3.41</b>	0.5	3.9
	3A2g Mulas y asnos		<b>1.21</b>	0.1	1.3
	3A2h Porcinos		<b>104.36</b>	NE	104.4
	3A2i aves de corral		<b>36.11</b>	9.2	45.3
3A2g Otros (especificar)		NE	NE	NE	
3B Tierra	<b>3B1 Tierra forestales</b>				NE
	3B1a Tierras forestales que permanecen como tal				
	3B1b Tierras convertidas a tierras forestales				
	<b>3B2 Tierra de cultivo</b>				NE

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

	3B2a Tierras de cultivo que permanecen como tal					
	3B2b Tierras convertidas a tierras de cultivo					
	<b>3B3 Praderas</b>				NE	
	3B3a Praderas que permanecen como tal					
	3B3b Tierras convertidas en praderas					
	<b>3B4 Humedales</b>				NE	
	3B4a Humedales que permanecen como tal					
	3B4b Tierras convertidas en humedales					
	<b>3B5 Asentamientos</b>				NE	
	3B5a Asentamientos que permanecen como tal					
	3B5b Tierras convertidas en asentamientos					
	<b>3B6 Otras tierras</b>				NE	
	3B6a Otras tierras que permanecen como tal					
	3B5b Tierras convertidas en asentamientos					
	3B6b Tierras convertidas en otras tierras					
3C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO <sub>2</sub> de la tierra	<b>3C1 Emisiones de GEI por quemado de biomasa</b>			54.4	54.4	
	3C1a Emisiones de quemado de biomasa en tierras forestales			51.3	51.3	
	3C1b Emisiones de quemado de biomasa en tierras de cultivo			NE	NE	
	3C1c Emisiones de quemado de biomasa en tierras praderas			3.1	3.1	
	3C1d Emisiones de quemado de biomasa en otras tierras			NE	NE	
	<b>3C2 Encalado</b>	0.004				0.004
	<b>3C3 Aplicación de urea</b>	9.4				9.4
<b>3C4 Emisiones directas de los N<sub>2</sub>O de los suelos gestionados</b>				0.003	0.003	

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

	<b>3C5 Emisiones indirectas de los N<sub>2</sub>O de los suelos gestionados</b>			197.3	197.3
	<b>3C6 Emisiones indirectas de los N<sub>2</sub>O de la gestión del estiércol</b>				
	<b>3C7 Cultivo del arroz</b>		3.1		3.1
	<b>3D1 Productos de madera recolectada</b>				
	<b>3D2 Otros (especificar)</b>				
Total del Sector RESIDUOS		0.5	6,249.7	267.1	6,517.3
3.A.1 Residuos Sólidos Urbanos			5,269.1		5,269.1
4B Tratamiento biológico de los residuos sólidos			NE	NE	NE
4C Incineración y quema a cielo abierto de residuos	4C1 Incineración de residuos peligrosos industriales y biológico infeccioso	NE	NE	NE	NE
	4C2 Quema a cielo abierto de residuos sólidos	0.5	0.5		0.9
4D Tratamiento y eliminación de aguas residuales	4D1 Tratamiento y eliminación de aguas residuales municipales		54.2	267.1	321.3
	4D2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales		926.0		926.0

Fuente: IECC, utilizando metodología IPCC, 2006; NE= No Estimada

89

### 5.2 CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE LAS EMISIONES

La contribución porcentual de las emisiones en el Estado de México para el año 2016, quedan de la siguiente manera:

El 68% de las emisiones corresponden al sector energía, le sigue con el 18% el sector residuos, el 10% de las emisiones provienen del sector procesos industriales y el 5% de las emisiones restantes corresponden al sector AFOLU. Tal y como se muestra en la Tabla 5.2.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Tabla 5.2 Porcentaje de las emisiones de GEI en la entidad del año 2016.

Sector	Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq	
	Año 2016	contribución porcentual de las emisiones [%]
<b>TOTALES</b>	<b>36,243.4</b>	<b>100</b>
ENERGÍA	24,583.5	68
PROCESOS INDUSTRIALES	3,482.3	10
AFOLU	1,660.3	5
REIDUOS	6,517.3	18

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006

### 5.3 COMPARATIVO DE LAS EMISIONES CON RESPECTO AL AÑO 2015

Como se puede apreciar en la tabla 5.3, las emisiones anuales en el año 2015 fueron de 35,650.9 Gg de CO<sub>2</sub>eq, mientras que para el 2016 fueron de 36,243.4 Gg de CO<sub>2</sub>eq, para el año 2016 se estimaron más categorías con respecto al año anterior, y en algunos casos no se estimaron las emisiones debido a que no existe la actividad en la entidad.

90

Tabla 5.3 Comparativo con el año anterior de las Emisiones de GEI en la entidad [Gg de CO<sub>2</sub> eq].

Sector	Emisiones anuales en Gg de CO <sub>2</sub> eq	
	2015	2016
<b>TOTALES</b>	<b>35,650.9</b>	<b>36,243.4</b>
ENERGÍA	23,269.8	24,583.5
PROCESOS INDUSTRIALES	3,112.1	3,482.3
AFOLU	3,701.3	1,660.3
REIDUOS	5,567.7	6,517.3

Fuente: IEECC, utilizando metodología IPCC, 2006

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### 5.4 CONCLUSIONES

Para calcular las emisiones del sector energía, se emplearon los consumos de combustibles para cada categoría o subsector como fueron: la generación de electricidad (industrias de la energía), la industria manufacturera, el transporte, así como los otros sectores (residencial, comercial y agrícola). Estos subsectores en el 2016 consumieron en total 377.4 PJ de combustibles fósiles (gas natural, gas LP, diésel, entre otros), siendo el gas natural, la gasolina y el gas LP los combustibles más consumidos. Con respecto al uso de biomasa el consumo en el sector residencial fue de 13.9 PJ, que no están incluidos en el total del sector. Las emisiones de Gases Efecto Invernadero en unidades de Gg de CO<sub>2</sub>eq para el año de inventario fueron de 24,583.5.

Los combustibles que más aporte de emisiones tuvieron fueron la gasolina, el gas natural y gas LP. El sector transporte es el que mayor aporte de emisiones tiene ya que emite el 45.4% del total, seguido de las industrias manufactureras con el 21.2%, la generación de electricidad con el 15.3%, la categoría residencial con el 13.5% y el resto de los subsectores (comercial y agrícola) con el 2.5% y 2.1%.

Dentro del sector energía se puede generar un área de oportunidad para evaluar las emisiones por tipo de vehículo y por tipo de tecnología

Con base en la metodología 2006 del IPCC, las emisiones que se generan en el Estado de México, dentro del sector Procesos Industriales, son las del CO<sub>2</sub> derivadas de las categorías Productos minerales y Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes.

El resultado de las emisiones de GEI procedentes de procesos industriales son poco significativas con relación al total dado a que la mayoría de los giros que se evalúan de acuerdo a las Directrices del IPCC-2006, no se encuentran en el Estado de México, por lo que únicamente se evaluaron para aquellos que se tenía información disponible.

Las fuentes que más contribuyeron a las emisiones de CO<sub>2</sub> en el año 2016 fueron la producción de cemento (1,158 Gg de CO<sub>2</sub>eq) seguida del uso de piedra caliza (998 Gg de CO<sub>2</sub>eq Gg); en el año 2008 que fue el más alto de los analizados fue el uso de piedra caliza (1,472 Gg de CO<sub>2</sub>eq) seguido de la producción de cemento (1,398 Gg de CO<sub>2</sub>eq).

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Las emisiones del sector AFOLU fueron de 1,660.3 Gg de CO<sub>2</sub>eq, aportando el 5% de la emisión total en la entidad, para este sector aún no se cuenta con todos los datos de actividad para estimar las emisiones, este hace que se subestimen las emisiones totales para este sector.

Para el sector residuos las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) fueron estimadas utilizando la metodología de las Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, Volumen 5: Desechos, se estimaron las emisiones de 3 de las 4 categorías, la categoría (4B) Tratamiento biológico de los residuos sólidos, no fue estimada por no contar con información en la entidad.

Las emisiones de este sector son principalmente por metano y óxido nitroso proveniente del tratamiento y eliminación de las aguas residuales municipales.

Las emisiones de este sector se expresan en Gigagramos de CO<sub>2</sub> equivalente [Gg de CO<sub>2</sub>eq], y se obtienen multiplicando la cantidad de emisiones de un gas de efecto invernadero por su valor de potencial de calentamiento global (PCG), para el inventario se emplearon los siguientes: CO<sub>2</sub>=1, CH<sub>4</sub>=28 y N<sub>2</sub>O =265, los cuales corresponden al quinto informe de evaluación del IPCC 2003.

Por lo que las emisiones del año 2016 del Sector Residuos fueron de 6,517.3 Gg de CO<sub>2</sub>eq, siendo la categoría (3.A.1) Residuos sólidos urbanos la que aporta la mayor cantidad la cual es de: 5,269.1 Gg de CO<sub>2</sub>eq, le sigue la categoría (4D) de Tratamiento y eliminación de aguas residuales con 926 Gg de CO<sub>2</sub>eq provenientes de las aguas residuales industriales y 321.3 Gg de CO<sub>2</sub>eq provenientes de las aguas residuales municipales. Por último la categoría (4C) emite 0.9 Gg de CO<sub>2</sub>eq provenientes de la quema a cielo abierto de residuos sólidos.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### 5.5 RECOMENDACIONES

Este documento muestra que mientras la tendencia actual en el sector energético sea la de mantener el uso de combustibles fósiles, la utilización de energías renovables será existente en un mediano y largo plazo.

Otra forma de beneficiarse para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, será la de crear un marco legal y regulatorio para hacer factible el uso y la promoción de las fuentes renovables de energía, en particular impulsando la creación de mercados verdes, definir y estipular metas de porcentaje de uso de fuentes renovables de energía, entre otras, que puedan ser alineados a la nueva legislación energética del país.

Con respecto a la búsqueda y fuentes de información, es necesario establecer vínculos o arreglos institucionales con organismos que disponen de información que pudiese ser relevante, como SENER, PEMEX, IMP, CRE, INEGI, SAGARPA Aeropuerto de Toluca, Ferrocarriles Nacionales, Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica, entre otros; ya que esto permitirá fortalecer los datos y pasar a un nivel 2 o 3 del inventario, así mismo se obtendrán inventarios con mayor detalle y se podrá reducir la incertidumbre del sector.

Se sugiere la realización de guías ambientales principalmente en los sectores que aportan las principales emisiones, como son la Producción de Cemento, Piedra Caliza y Lubricantes, con la finalidad de realizar autorregulación del sector y de consulta y referencia de carácter conceptual y metodológico tanto para las autoridades ambientales, como para la ejecución y/o el desarrollo de los proyectos, obras o actividades referentes a la industria minera.

Para el caso del Estado de México estas guías metodológicas podrían contener las normas y leyes vigentes correspondientes a la entidad, así como un manual para la estimación de emisiones dependiendo de la industria, esto para homogeneizar la manera de contabilizar dichas emisiones. Igualmente se podría agregar un apartado de medidas de mitigación y adaptación, tomadas de las sugeridas por el PEACC y enfocadas a la industria en cuestión. Esta sugerencia tiene el fin de ayudar a las diferentes industrias que se encuentran dentro de la Estado a adaptarse de manera más eficiente a los cambios en su gestión y procesos derivados de las nuevas normas.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Una de las actividades que ha contribuido a mitigar las emisiones es la reforestación, el Estado de México es una de las entidades que cuenta con la mayor cobertura de área vegetal. Además se debe reducir en el sector AFOLU el uso de fertilizantes con alto contenido de nitrógeno.

Para el sector residuos es importante continuar con los trabajos para crear conciencia en la población respecto a una adecuada disposición de los residuos sólidos urbanos y la importancia de separación de residuos, además de llevarlos a los centros de acopio para un adecuado reciclaje, esto va a permitir por un lado reducir los volúmenes de residuos sólidos urbanos y además contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por este sector, a continuación se enlistan las siguientes sugerencias:

- 1.- Reducir la cantidad de empaques. Al realizar tus compras, reduce los empaques de los artículos que adquieras, de preferencia lleva tus bolsas de re uso, moldes de plástico también reutilizables.
- 2.- Recurre a la composta. Las partes no comestibles de las frutas y las verduras, restos de alimentos tales como té o café, las flores marchitas, cascarrones de huevo, se pueden emplear para realizar compostas caseras, que te serán de utilidad como abono para tu jardín.
- 3.- Recicla. Es la forma más sencilla y efectiva de convertir la basura en algo útil, al separar tus residuos por tipo de material, puedes llevarlo a un depósito y obtener dinero.
- 4.- Re usa. Cualquier material será de utilidad, ya sea para guardar objetos, para sembrar una planta, para hacer manualidades etc. por lo que antes de tirarlo piensa si puede tener otro uso.
- 5.- Repara. Si algo se descompone, es posible que tenga reparación.
- 6.- Utiliza pilas recargables. Ya que pueden ser utilizables más de 900 veces, en consecuencia se disminuye la contaminación del medio ambiente.
- 7.- Separa los residuos. Es de suma importancia llevar a cabo la separación de los residuos sólidos en orgánica e inorgánica.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

También es de vital importancia contar con camiones recolectores de residuos y que recolecten los residuos de forma frecuentemente, ya que en algunos municipios por falta de servicio, realizan la quema abierta de los residuos sólidos.

Es importante considerar que en los sitios de disposición final controlados, se recupere el metano.

Cabe mencionar que es necesario fortalecer a los municipios para que operen adecuadamente las plantas de tratamiento de aguas residuales, ya que en el año 2016 40 de ellas no operaron. Así mismo que la industria se comprometa a instalar plantas de tratamiento de sus aguas residuales y sancionar severamente a aquellas que viertan sus descargas a ríos o lagos.

De manera general se requiere fortalecer la vinculación a nivel municipal capacitando al personal responsable de elaborar inventarios de emisiones y programas municipales de cambio climático, para fortalecer las capacidades técnicas, mejorar el nivel de cálculo y de reporte de estos.

Se sugiere utilizar en fuentes de información iguales en los diferentes años de inventario, para reducir la incertidumbre de los datos y de los resultados.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### 5.6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYUNTAMIENTOS** Ayuntamientos del Estado de México con Convenio de Asunción de Funciones. 2017. Bases de datos (DATGEN) con información del año 2016 contenida en la Cédula de Operación Integral (COI), proporcionada por las áreas de medio ambiente y ecología de los ayuntamientos<sup>7</sup>. De Julio a diciembre de 2017.
- CAEM** Comisión del Agua del Estado de México, Subdirección de tratamiento de aguas residuales, información proporcionada mediante oficio el 22 de mayo de 2017, referente a las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en el Estado de México, 2016.
- CAEM** Comisión del Agua del Estado de México, Subdirección de tratamiento de aguas residuales, información proporcionada mediante oficio el 24 de agosto de 2017, referente a las DBO y DQO de las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en el Estado de México, 2014, 2015 y 2016.
- CNA** Comisión Nacional del Agua. Estadísticas del Agua en México, edición 2016.
- CNA** Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en operación 2016.
- COESPO** Consejo Estatal de Población del Estado de México, número de habitantes en el Estado de México por municipio para el año 2016.
- DGPCEM** Dirección General de Protección Civil del Estado de México, 4 4 Programa de protección civil para basureros, 2015. Salvaguardar la integridad física de la población, expuesta a los fenómenos perturbadores. disponible:[http://dgproteccion\\_civil.edomex.gob.mx/sites/dgproteccion\\_civil.edomex.gob.mx/files/files/programas%20de%20Prevencion/Programas%20pdf/PPC%20Basureros%202015.pdf](http://dgproteccion_civil.edomex.gob.mx/sites/dgproteccion_civil.edomex.gob.mx/files/files/programas%20de%20Prevencion/Programas%20pdf/PPC%20Basureros%202015.pdf), consultada el 21 de febrero de 2017.

---

<sup>7</sup> Ayuntamientos con Convenio de Asunción de Funciones que compartieron bases de datos (DATGEN): Atizapán de Zaragoza, Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Ecatepec de Morelos, Huixquilucan, Naucalpan de Juárez y Tlalnepantla de Baz.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

- FAO** Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, estadísticas de la FAO, consumo de proteína.
- GGEM** Gaceta de Gobierno del Estado de México 2012. Plan de Desarrollo del Estado de México 2011-2017. Toluca de Lerdo, México. Tomo CXCIII, No. 48.
- GIZ** Ministerio Federal de Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear de Alemania (GIZ). 2017. Recomendaciones de Buenas Prácticas de MRV (Medición, Reporte y Verificación) y contabilidad para México. En colaboración con la contraparte de México, el INECC.
- IMP** Instituto Mexicano del Petróleo, 2014. Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México. Desarrollado en el INECC/SEMARNAT, México.
- INECC** Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2016. Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 2016 de las actividades de la quema de combustible. Consulta vía internet en diciembre de 2017. Disponible en: <https://www.gob.mx/inecc/documentos/investigaciones-2018-2013-en-materia-de-mitigacion-del-cambio-climatico>
- INECC** Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2015. Primer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. INECC/SEMARNAT, México.
- INECC** Instituto Nacional de Ecología y cambio Climático, 2006. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2006, Informe Final Parte 2 Procesos Industriales. Instituto de Ingeniería, UNAM. (Consulta: Agosto-Septiembre 2018).
- INECC** Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2012. Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Primera edición. México.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

- INEGI Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2017 (referido al 2016), México.
- INEGI Datos de Censo Agrícola 2007, INEGI 2009
- INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2013. Anuario Estadístico de México. Temporalidad 2016.
- INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2015. Anuario Estadístico de México. Temporalidad 2014.
- INEGI Instituto Nacional de Estadística y Geografía 2017, Anuario Estadístico y Geográfico de México 2016, 2. Medio Ambiente.
- IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volúmenes del 1 al 5 Disponible en: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>
- IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC 2006 Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón. Disponible en: [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/1\\_Volume1/V1\\_0\\_Cover.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/1_Volume1/V1_0_Cover.pdf)
- PDEM Plan de Desarrollo del Estado de México 2017-2023. Toluca de Lerdo, Méx. (Consulta: Julio 2018).
- SAGARPA Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación Anuarios estadísticos de los Estados Unidos Mexicanos 2016 Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2016. [http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/Siacon\\_datos\\_Abiertos\\_Pecuuario.php](http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/Siacon_datos_Abiertos_Pecuuario.php), consultado en Diciembre 2017.
- SCT Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2016. Dirección General de Transporte Ferroviario y Multimodal. Anuario Estadístico Ferroviario.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2016. Anuario Estadístico Sector Comunicaciones y Transportes 2016
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transporte, 2016. Principales Estadísticas de Comunicaciones y Transportes 2016.
SEDEMA	Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México, Información proporcionada mediante oficio el 5 de diciembre de 2016, respecto a las emisiones de metano del Relleno Sanitario Bordo Poniente, para el inventario de emisiones 2014.
SE	Panorama Minero del Estado de México, Sistema Geológico Mexicano, Secretaría de Economía, 2016. (Consulta: Julio-Octubre 2018).
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), 2017. Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México.
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2018. Bases de Datos (DATGEN) con información del año 2016, para diferentes fuentes, proporcionada por la Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire de la SEMARNAT, en el mes de mayo de 2018 en reunión de trabajo.
SENER	Secretaría de Energía, 2017. Balance Nacional de Energía, 2016. México.
SENER	Secretaría de Energía 2016. Balance Nacional de Energía, 2015, México.
SENER	Secretaría de Energía, 2016. Prospectiva gas natural y gas L.P. 2016-2030. México.
SENER	Secretaría de Energía, 2016. Prospectiva gas natural y gas L.P. 2016-2030. México.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

- SENER Secretaría de Energía, 2015. Prospectiva de Petrolíferos, 2016-2030. México.
- SENER Secretaría de Energía, 2016. Prospectiva del sector eléctrico 2016-2030, México.
- SENER Secretaría de Energía, 2016. Sistema de Información Energética (SIE), consulta vía internet de febrero a abril de 2018 de los consumos de combustibles por entidad federativa y por actividad. Disponible en: <http://sie.energia.gob.mx/>
- SMAGEM Secretaría de Medio Ambiente del Estado de México. 2017. Bases de Datos con información del año 2016 de la Cédula de Operación Integral (COI), proporcionada por la Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica del Estado de México. Información proporcionada vía correo electrónico en julio de 2017.
- SMAGEM Secretaría de Medio Ambiente del Estado de México, 2015. Información proporcionada por la Dirección General de Manejo Integral de Residuos mediante el oficio 2120800000664-2016 del 27 de octubre de 2016. Datos de generación de residuos sólidos y residuos dispuestos en rellenos sanitarios
- SMAGEM Secretaría de Medio Ambiente del Estado de México, 2017 y 2013. Inventario Estatal de Gases de Efecto Invernadero. Tlalnepantla de Baz, Estado de México. (Consulta: Agosto-Octubre 2018).
- SMAGEM Secretaría de Medio Ambiente del Estado de México (SMAGEM).2007. Diagnóstico Ambiental de la Industria del Estado de México. Tlalnepantla de Baz, Estado de México. (Consulta: Julio 2018).
- UNAM Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la Industria de los Minerales de la Categoría Procesos Industriales, Tesis de Maestría en Ingeniería (UNAM), Ing. Santa Paola Centeno Rosales, 2014. (Consulta: Julio-Septiembre 2018).

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### Consultas por internet

<https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/conocimientos-basicos-plantas-tratamiento-aguas-residuales-ptar-modulo-i>, consultada el 7 de noviembre de 2018

[http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5\\_8080/ibi\\_apps/WFServlet5c54.html](http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServlet5c54.html), consultada el 8 de noviembre de 2018.

<https://www.gob.mx/inecc/prensa/inecc-reitera-su-compromiso-ante-el-acuerdo-de-paris-con-rutas-de-mitigacion-al-cambio-climatico?idiom=es>, consultada el 9 de noviembre de 2018.

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=mamb1354&s=est&c=35721>  
Información de residuos sólidos urbanos generados y dispuestos, consultada en noviembre de 2017

<http://reciclagua.edomex.gob.mx/> Tratamiento de aguas residuales industriales y disposición de lodos, consultada en noviembre de 2017

### LIMITACIONES

101

En la presente actualización del inventario, las limitantes que se tuvieron para todos los sectores fue la recopilación de la información, debido a que en algunos casos no se cuenta con todos los datos de actividad tales como: los consumos de combustibles de transporte terrestre desagregada por modo de transporte (autos, camiones, autobuses, motocicletas, entre otros); obtener el contenido de Carbono de los combustibles, la producción anual de las industrias de jurisdicción federal y local ya que en algunos casos la producción viene de manera general, por ejemplo cajas de vino, no especifican el número de piezas y la cantidad por botella, y para estimar las emisiones se requiere en m<sup>3</sup> de vino o toneladas, por lo que hay que investigar el número de piezas por caja y la capacidad, así como su densidad, así mismo el caudal tratado de las aguas residuales industriales locales y federales y el manejo de los lodos que se generan.

En otros casos los datos de actividad, fueron proporcionados por instancias Federales, Estatales y Municipales, en algunos otros casos se tuvieron que obtener a través de estadísticas, anuarios, que fueron encontrados a través de páginas web.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### APÉNDICES

#### APÉNDICE “A” LISTADO DE ACRÓNIMOS

AFOLU	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra
CAEM	Comisión del Agua del Estado de México
CNA	Comisión Nacional del Agua
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CNGMYD	Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales
CH <sub>4</sub>	Metano
COA	Cédula de Operación Anual
CO	Monóxido de Carbono
COVDM	Compuestos Orgánicos Volátiles diferentes del Metano
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CO <sub>2</sub> eq	Dióxido de Carbono Equivalente
COESPO	Consejo Estatal de Población del Estado de México
DA	Datos de Actividad
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DGMIR	Dirección General de Manejo Integral de Residuos
DGPCEM	Dirección General de Protección Civil del Estado de México
DQO	Demanda Química de Oxígeno
FE	Factor de Emisión
Gas LP	Gas Licuado de Petróleo
Gg	Gigagramos
Gg de CO <sub>2</sub> eq	Gigagramos de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) equivalente
GEI	Gases de Efecto Invernadero
H <sub>2</sub> O	Agua
HFH	Hidrofluorocarbonos
IEECC	Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático
IGECEM	Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
INDC	Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional (INDC, por sus siglas en inglés)
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés)
IPPU	Procesos Industriales y uso de Productos
LGPGIR	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
MFC	Factor de Corrección del Metano
NA	No Aplica
ND	No Determinado
NE	No Estimado
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
O <sub>3</sub>	Ozono
PCG	Potenciales de Calentamiento Global
PET	Tereftalato de Polietileno
PFC	Perfluorocarbonos
PI	Procesos Industriales
PIB	Producto Interno Bruto
PTAR	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
RME	Residuos de Manejo Especial
RP	Residuos Peligrosos
SEDEMA	Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía
SMAGEM	Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México
SIE	Sistema de Información Energética
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México
ZMVST	Zona Metropolitana del Valle de Santiago Tianguistenco
ZMVT	Zona Metropolitana del Valle de Toluca

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### APÉNDICE “B” UNIDADES

	<b>Masa</b>
kg	kilogramo
Ton	Toneladas
Mt	Millones de toneladas
Gg	Gigagramos
	<b>Volumen</b>
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
L	Litro
	<b>Longitud</b>
km <sup>2</sup>	Kilómetros cuadrados
ha	Hectárea
	<b>Energía</b>
PJ	Peta Joule
L	Litro
	<b>Temperatura</b>
°C	Grados centígrados

INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

APÉNDICE “C” POTENCIALES DE CALENTAMIENTO EMPLEADOS

Para determinar las emisiones de gases de efecto invernadero en términos de CO<sub>2</sub> equivalente [CO<sub>2</sub>eq], estos se obtienen multiplicando la cantidad de emisiones de un gas de efecto invernadero por su valor de potencial de calentamiento global (PCG), para el presente inventario se emplearon los siguientes: CO<sub>2</sub>=1, CH<sub>4</sub>=28 y N<sub>2</sub>O =265, los cuales corresponden al quinto informe de evaluación del IPCC 2003, los cuales también emplea el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), y se muestran en la siguiente Tabla

Potenciales de calentamiento global de los gases de efecto invernadero	
Gas	PCG
<b>Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)</b>	<b>1</b>
<b>Metano (CH<sub>4</sub>)</b>	28
<b>Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O)</b>	265

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

### AGRADECIMIENTOS

La Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Estado de México (SMAGEM) a través del Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático (IEECC), presenta la actualización del Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, con año base 2016 y agradece infinitamente a las siguientes instancias por su colaboración en la información proporcionada.

- Áreas de Medio Ambiente y Ecología de los Ayuntamientos de Atizapán de Zaragoza, Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Ecatepec de Morelos, Huixquilucan, Naucalpan de Juárez y Tlalnepantla de Baz.
- Comisión del Agua del Estado de México (CAEM).
- Comisión Federal de Electricidad (CFE).
- Comisión Nacional del Agua (CNA).
- Comisión Nacional de Eficiencia Energética (CONUEE).
- Comisión Reguladora de Energía (CRE).
- Consejo Estatal de Población del Estado de México (COESPO).
- Dirección General de Protección Civil del Estado de México (DGPCEM).
- Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México (IGECEM).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
- Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OEIDRUS).
- Petróleos Mexicanos (PEMEX).
- Reciclagua Ambiental.

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).
- Secretaría de Energía (SENER).
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México (SEDEMA).
- Servicio de Alimentación Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

## INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, 2016

Elaboraron

Revisaron

Autorizó

Ing. María del Carmen Mendoza  
Pelcastre  
Jefa del departamento de  
Adaptación al Cambio  
Climático del IEECC

Ing. María del Carmen Mendoza  
Pelcastre  
Jefa del departamento de  
Adaptación al Cambio  
Climático del IEECC

Mtra. María Elena López  
Barrera  
Directora General del  
Instituto Estatal de  
Energía y Cambio  
Climático

Lic. Francisco Pablo Escamilla  
Báez  
Líder "A" de Proyecto

Lic. María del Socorro López  
Coyuca  
Subdirectora de Adaptación y  
Crecimiento Verde del IEECC

Ing. Bibiana Valdez Avendaño  
Líder "B" de Proyecto

108