

Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria de 2022

Un informe completo
preparado para



City of Phoenix
Junio 2024

Agradecimientos

Este informe es un esfuerzo conjunto por parte de la Municipalidad de Phoenix:

Nancy Allen, administradora de Programas Ambientales

Elizabeth Zima, gerente de Programas Ambientales

Dr. Matthew Potzler, especialista en Calidad del Medio Ambiente, Aire y Clima

Y las

Iniciativas de soluciones de sustentabilidad de Walton de la Universidad Estatal de Arizona:

William Campbell, administrador de cartera

Y la

Escuela de Informática, Computación y Sistemas Cibernéticos de la Universidad del Norte de Arizona

Dr. Richard Rushforth, profesor adjunto de investigación

Ross Priehs, Asistente de Investigación, Laboratorio de Contabilidad, Informes y Gestión del Carbono (CARML)

Deseamos agradecer al personal de numerosos departamentos de la municipalidad por proporcionar los datos necesarios para elaborar el *Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de la comunidad de 2022* de la *Municipalidad de Phoenix*.

Finalmente, nos gustaría agradecer a los empleados de la Municipalidad de Phoenix, a los residentes y propietarios de negocios que están apoyando los esfuerzos de la municipalidad y trabajando para reducir sus propias emisiones de gases de efecto invernadero.

Nota: Es posible que los datos y cálculos presentados en este informe no sean exactos debido a errores de redondeo dentro de la plantilla de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Índice

<i>Lista de tablas</i>	<i>iv</i>
<i>Lista de figuras</i>	<i>v</i>
<i>Lista de acrónimos</i>	<i>vi</i>
<i>Resumen ejecutivo</i>	<i>1</i>
<i>Introducción</i>	<i>8</i>
1. Sector de energía estacionaria	12
1.1 Emisiones de GEI de alcance 1 provenientes de la energía estacionaria	13
1.2 Emisiones de GEI de alcance 2 provenientes de la energía estacionaria	14
1.3 Emisiones de GEI de alcance 3 provenientes de la energía estacionaria	16
2. Sector de transporte	17
2.1 Emisiones de GEI de alcance 1 provenientes del transporte.....	18
2.2 Emisiones de GEI de alcance 2 provenientes del transporte.....	19
2.3 Emisiones de GEI de alcance 3 provenientes del transporte.....	19
3. Sector de residuos	20
3.1 Emisiones de GEI de alcance 1 provenientes de los residuos.....	21
3.2 Emisiones de GEI de alcance 3 provenientes de los residuos.....	21
Apéndice A. Resumen detallado de emisiones de GEI	23
Apéndice B. Energía estacionaria: documentación de gas natural	30
B.1 Recopilación de datos sobre el gas natural.....	30
B.2 Procesamiento de los datos sobre el gas natural	30
B.3 Cambios entre los años de inventario	31
B.4 Estimación del consumo de gas natural en 2022.....	32
Apéndice C. Energía estacionaria: documentación de electricidad	34
C.1 Recopilación de datos sobre el consumo de electricidad	34
C.2 Procesamiento de los datos sobre el consumo de electricidad	35
C.2.1 Procesamiento de los datos sobre el consumo de electricidad de APS.....	35
C.2.2 Procesamiento de datos de SRP	37
C.2.3 Emisiones totales de GEI provenientes del consumo de electricidad.....	37
C.3 Pérdida de transmisión y distribución (Pérdida de T&D).....	38
C.4 Cambios entre los años de inventario.....	38
Apéndice D. Documentación del sector de transporte	40
D.1 Procesamiento de datos del sector de transporte	40

D.2 Transporte por carretera	40
D.2.1 Gasolina y diésel	40
D.2.2 Vehículos de combustible alternativo: biodiésel B20, etanol E85, CNG, LNG	41
D.2.3 Vehículos eléctricos	41
D.3 Vías férreas.....	41
D.3.1 Tren ligero de Valley Metro	41
D.3.1 Trenes de carga.....	42
D.4 Aviación.....	42
D.4.1 Aviación comercial.....	42
D.4.2 Aviación civil	43
D.5 Transporte fuera de carretera.....	43
D.5.1 Diésel en vehículos no destinados al transporte	43
D.5.2 Otras emisiones de GEI provenientes de combustibles no destinados al transporte	45
D.5.3 Actualizaciones de las estimaciones de emisiones de GEI provenientes de combustibles no destinados al transporte para 2022	45
<i>Apéndice E. Documentación del sector de residuos.....</i>	46
E.1 Residuos sólidos.....	46
E.2 Tratamiento de aguas residuales.....	49
E.3 Procesamiento de composta	49
E.4 Transporte y regeneración de GAC	50

Lista de tablas

Tabla ES-1. Emisiones de GEI en Phoenix por sector (miles de Tm CO ₂ e)	3
Tabla ES-2. Emisiones de GEI provenientes de la energía estacionaria (miles de Tm CO ₂ e)	4
Tabla ES-3. Emisiones de GEI provenientes del sector de transporte (miles de Tm CO ₂ e)	6
Tabla ES-4. Emisiones de GEI del sector de residuos (miles de Tm CO ₂ e)	6
Tabla 1. Emisiones de GEI a nivel de la comunidad por sector durante los años de inventario	9
Tabla 2. Emisiones de GEI a nivel comunitario en 2022 por sector y alcance	10
Tabla 3. Emisiones de GEI de alcance 1 provenientes de la energía estacionaria	13
Tabla 4. Emisiones de GEI de alcance 2 provenientes de la energía estacionaria	14
Tabla 5. Tasa de pérdida de transmisión y distribución en Arizona	16
Tabla 6. Emisiones de GEI de alcance 3 provenientes de la energía estacionaria	16
Tabla 7. Emisiones de GEI de alcance 1 provenientes del transporte (Tm CO ₂ e)	18
Tabla 8. Emisiones de GEI de alcance 1 provenientes del transporte por combustible	18
Tabla 9. Emisiones de GEI de alcance 2 provenientes del transporte	19
Tabla 10. Emisiones de GEI de alcance 3 provenientes del transporte	19
Tabla 11. Emisiones de GEI del sector de residuos	20
Tabla 12. Emisiones de GEI de alcance 1 provenientes de los residuos	21
Tabla 13. Emisiones de GEI de alcance 1 provenientes de los residuos	21
Tabla 14. Emisiones de GEI de alcance 3 provenientes de los residuos	22
Tabla A1. Comparación interanual de las emisiones de GEI provenientes de la energía estacionaria	24
Tabla A2. Comparación interanual de las emisiones de GEI provenientes del transporte	26
Tabla A3. Comparación interanual de las emisiones de GEI de alcance 3 provenientes de los residuos, IPPU, AFOLU y Otras	28
Tabla B1. Cambios en las emisiones de GEI por la combustión de gas natural debido a la actualización en los métodos de cuantificación	32
Tabla B2. Resultado del proceso de estimación de combustión de gas natural en 2022	33
Tabla C1. Cambios en las metodologías de cuantificación de datos de consumo de electricidad	39
Tabla D1. Cambios en el consumo de diésel por vehículos no destinados al transporte y las emisiones de GEI	45
Tabla E1. Documentación de datos y métodos para vertederos propiedad de la municipalidad	46
Tabla E2. Documentación de datos para vertederos de propiedad privada	48
Tabla E3. Documentación de datos para las plantas de tratamiento de aguas residuales	49

Lista de figuras

Figura ES-1. Emisiones comunitarias de GEI de la Municipalidad de Phoenix por año de inventario.....	2
Figura ES-2. Emisiones de GEI provenientes de la energía estacionaria por año de inventario.....	4
Figura ES-3. Emisiones de GEI provenientes del sector de transporte durante los años de inventario.....	5
Figura 1. Emisiones totales de GEI y emisiones de GEI per cápita desde 2012.....	9
Figura 2. Emisiones de GEI provenientes de la energía estacionaria por alcance desde 2012	12
Figura 3. Emisiones de GEI de alcance 1 provenientes de la energía estacionaria desde 2012	14
Figura 4. Emisiones de GEI de alcance 2 provenientes de la energía estacionaria durante los años de inventario	15
Figura 5. Emisiones de GEI provenientes del sector de transporte por tipo de combustible	17

Lista de acrónimos

AFFA	Actividades agrícolas, forestales y pesqueras
AFOLU	Agricultura, silvicultura y uso de la tierra
APS	Arizona Public Service
AR	Informe de Evaluación del IPCC (Numerados del 2 al 5)
ASU	Universidad Estatal de Arizona
AZNM	Subregión de la eGRID de Arizona y Nuevo México
Biodiésel B20	Contiene hasta un 20 % de biodiésel
BEV	Vehículo eléctrico de batería
CH ₄	Metano
CNG	Gas natural comprimido
CO ₂	Dióxido de carbono
CO ₂ e	Emisiones equivalentes de dióxido de carbono
E54	Combustible que contiene 54 % de etanol
E85	Combustible que contiene 85 % de etanol
eGRID	Base de Datos Integrada de Recursos de Generación y Emisiones de la EPA
EIA	Administración de Información Energética de EE. UU.
EPA	Agencia de Protección Ambiental de EE. UU.
EV	Vehículo eléctrico
FCEV	Vehículo eléctrico con celda de combustible
FERC	Comisión Federal Reguladora de Energía
FTE	Equivalente a tiempo completo
GGE	Equivalente a galón de gasolina
GEI	Gas de efecto invernadero
GPC	Protocolo global para inventarios de emisiones de GEI a escala comunitaria
GWP	Potencial de calentamiento global
ICLEI	Consejo Internacional para las Iniciativas Ambientales Locales
IE	Incluido en otra parte
IPPU	Procesos industriales y uso de productos
LNG	Gas natural licuado
LPG	Gas licuado de petróleo
MPST	Minería, procesamiento, almacenamiento y transporte de carbón
Tm	Tonelada métrica
MWh	megavatio-hora
NAU	Universidad del Norte de Arizona
NE	No estimado
NERC	North American Electric Reliability Corporation
NO	No ocurre
N ₂ O	Óxido nitroso
ONGS	Sistemas de petróleo y gas natural
PNM	Public Service Company of New Mexico
PHEV	Vehículos Híbridos Eléctricos de Batería Recargable
SRP	Salt River Project
T&D	Transmisión y distribución
TRP	Programa de reducción de viajes
WECC	Western Electricity Coordinating Council
WWT	Tratamiento de aguas residuales
WWTP	Planta de tratamiento de aguas residuales

Resumen ejecutivo

La Municipalidad de Phoenix (Municipalidad) completó un inventario de emisiones de GEI a escala comunitaria para el año 2022 utilizando el Protocolo Global para Inventarios de Emisiones de GEI a Escala Comunitaria (Global Protocol for Community-Scale GHG Emission Inventories, GPC). El GPC es un estándar mundial para inventariar las emisiones de GEI causadas por la municipalidad, desarrollado por el World Resources Institute, el Grupo de Liderazgo Climático de Ciudades C40 y el Consejo Internacional para las Iniciativas Ambientales Locales (International Council for Local Environmental Initiatives, ICLEI).¹ Además, el GPC es el estándar respaldado por el Pacto Global de Alcaldes por el Clima y la Energía. La Municipalidad de Phoenix es miembro del Grupo de Liderazgo Climático de Ciudades C40 y del Pacto Global de Alcaldes por el Clima y la Energía.

El GPC clasifica en tres sectores las emisiones de GEI directas e indirectas, estos son: energía estacionaria, transporte y residuos. Las emisiones directas de GEI se producen dentro de los límites de la municipalidad, mientras que las emisiones indirectas de GEI ocurren fuera de los límites de la municipalidad, pero son provocadas por la actividad que ocurre dentro de los límites de la municipalidad.

- El sector de la energía estacionaria incluye las emisiones de GEI que se producen a partir de la energía utilizada en edificios residenciales, edificios e instalaciones comerciales, industrias manufactureras, el uso de energía en la agricultura, la silvicultura y la pesca, y las pérdidas de energía en la transmisión y distribución de electricidad.
- El sector de transporte incluye las emisiones de GEI generadas por la aviación comercial y civil, el transporte por carretera, el uso de vehículos no destinados al transporte, el transporte de carga y el tren ligero.
- El sector de residuos incluye las emisiones de GEI provenientes de la eliminación de residuos sólidos, el tratamiento biológico de residuos (compostaje) y el tratamiento de aguas residuales.

El inventario de GEI a escala comunitaria de 2022 es el quinto completado por la municipalidad, después de los años 2012, 2016, 2018 y 2020. Durante cada proceso de inventario, se revisan las fuentes de datos y los métodos de los años anteriores. Se realizan nuevos cálculos de las emisiones totales de GEI de años anteriores con el fin de reflejar las actualizaciones en los datos de origen, la recopilación de datos y los métodos de procesamiento, el índice de potencial de calentamiento global de los GEI y métodos de estimación de emisiones de GEI. Los cambios en las emisiones totales de GEI para los inventarios previos de emisiones de GEI se informan junto con las emisiones totales de GEI de 2022.

¹ Protocolo de gases de efecto invernadero. (s.f.). Protocolo de GEI para municipalidades | Protocolo de gases de efecto invernadero (GHG Protocol for Cities | Greenhouse Gas Protocol). Obtenido de <http://www.ghgprotocol.org/greenhouse-gas-protocol-accounting-reporting-standard-cities>

Hallazgos clave

- En 2022, las emisiones de GEI a escala comunitaria fueron de 15,804,670 toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente (Tm CO₂e).
- Las emisiones de GEI a escala comunitaria de 2022 fueron 10.3 % más bajas que los niveles de 2012 de 17,614,455 Tm CO₂e (Figura ES-1).
- Las emisiones de GEI del sector de energía estacionaria alcanzaron un total de 7,036,729 Tm CO₂e.
- Las emisiones de GEI del sector de transporte alcanzaron un total de 8,470,357 Tm CO₂e.
- Las emisiones de GEI del sector de residuos alcanzaron un total de 297,585 Tm CO₂e.

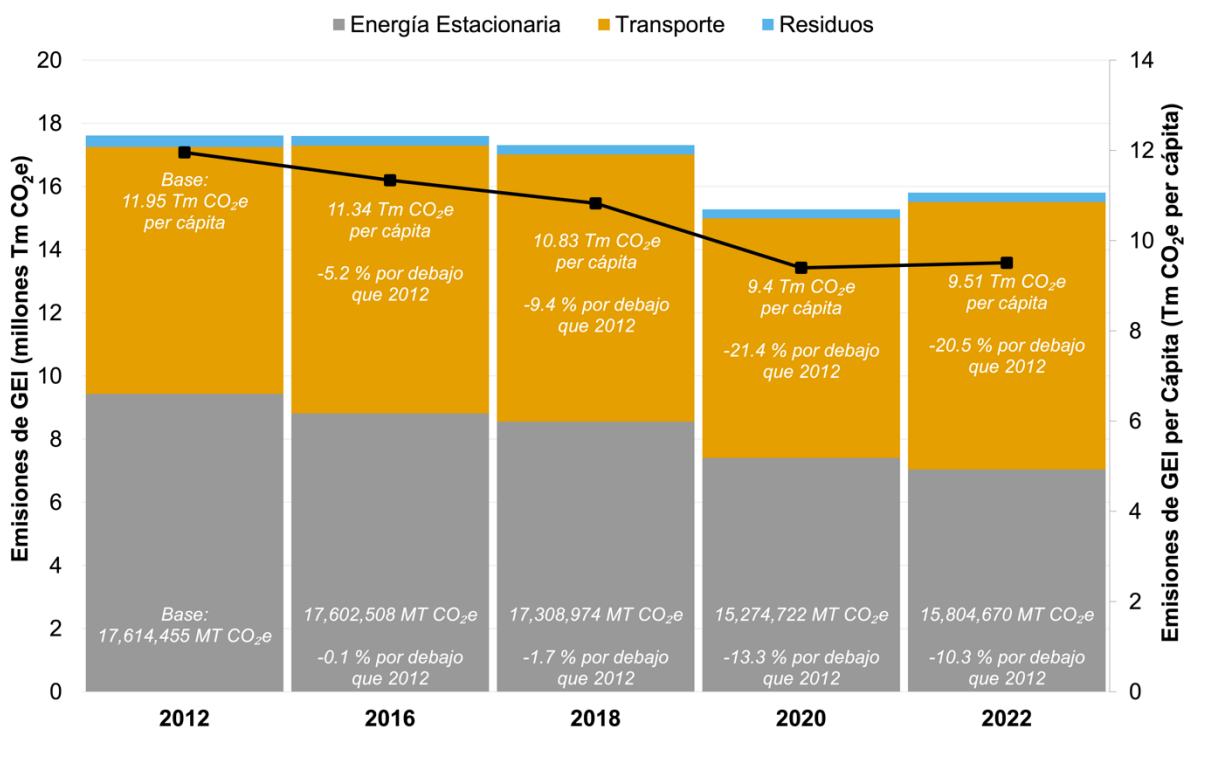


Figura ES-1. Emisiones comunitarias de GEI de la Municipalidad de Phoenix por año de inventario.

Las emisiones de GEI disminuyeron un 10.3 % durante un período en el que la población de la municipalidad creció un 12.8 % y la economía del área metropolitana creció un 54 %. Las emisiones per cápita disminuyeron un 20.5 % con respecto a la línea base de 2012 de 11.95 Tm CO₂e a 9.51 Tm CO₂e en 2022. La disminución observada en las emisiones de GEI a escala comunitaria se debió a que la red eléctrica regional tuvo una menor intensidad de emisiones de GEI. Las emisiones de GEI de la producción de electricidad disminuyeron 2,438,091 Tm CO₂e (28 %) entre 2012 y 2022, lo que provocó una disminución del 25.4 % en las emisiones de GEI provenientes de la energía estacionaria. Las emisiones de GEI generadas por el sector de transporte aumentaron 651,675 Tm CO₂e (8 %). Las emisiones de GEI provenientes de los

residuos, que representan el 1.8 % de las emisiones de GEI a escala comunitaria, se redujeron en 66,550 Tm CO₂e (18 %) entre 2012 y 2022.

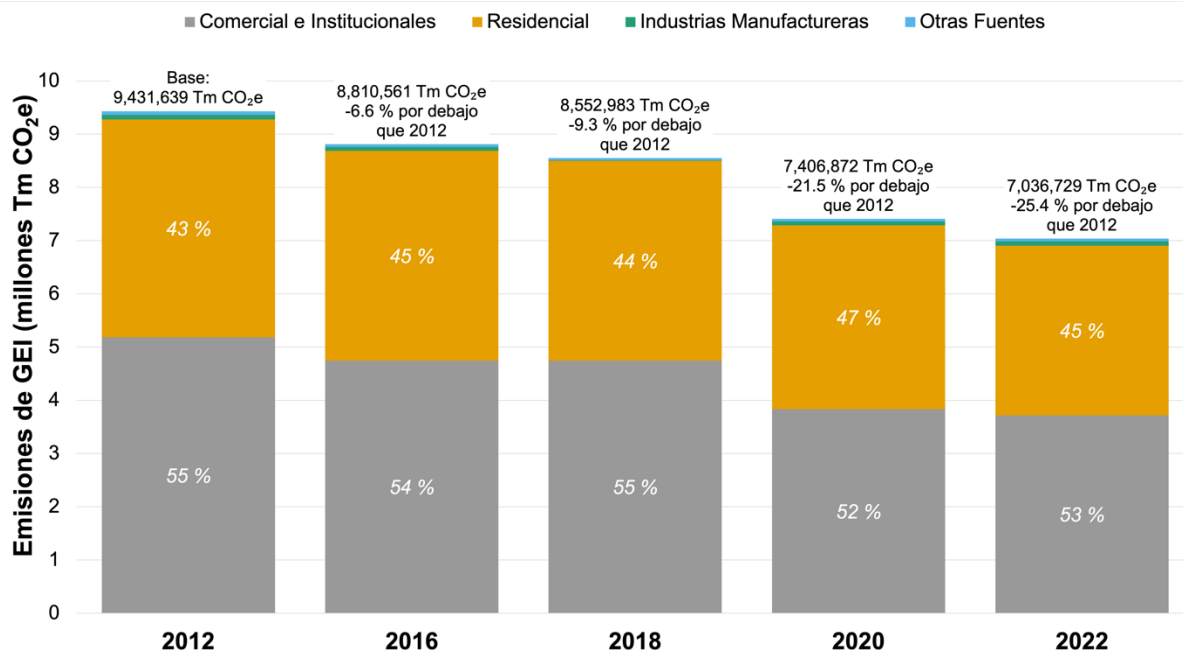
Las emisiones de GEI resumidas por sectores de energía estacionaria, transporte y residuos de los cuatro inventarios de emisiones de GEI de la comunidad se detalla en la Tabla ES-1.

Tabla ES-1. Emisiones de GEI en Phoenix por sector (miles de Tm CO₂e)

Sector	2012	2016	2018	2020	2022	% de cambio 2012 - 2022
Energía estacionaria	9,432	8,811	8,553	7,407	7,037	-25.4 %
Transporte	7,819	8,481	8,458	7,585	8,470	8.3 %
Residuos	364	310	298	283	298	-18.3 %
Total	17,614	17,603	17,309	15,275	15,805	-10.3 %

Energía estacionaria

La energía estacionaria es la segunda fuente más grande de emisiones de GEI en Phoenix. Estas emisiones de GEI se producen a partir de la energía utilizada en edificios residenciales; edificios e instalaciones comerciales e institucionales; instalaciones manufactureras; el uso de energía en la agricultura, la silvicultura y la pesca; y las pérdidas de energía en la transmisión y distribución de electricidad.



Residencial - Edificios residenciales; Comercial e Institucionales - Edificios e instalaciones comerciales e institucionales; Manufactura - Industrias manufactureras y construcción; Otras Fuentes - Actividades de agricultura, silvicultura y pesca y Fuentes no especificadas.

Figura ES-2. Emisiones de GEI provenientes de la energía estacionaria por año de inventario.

En 2022, las emisiones de GEI provenientes de la energía estacionaria alcanzaron un total de 7,036,729 Tm CO₂e; una disminución del 25 % con respecto a los niveles del año 2012. Esta disminución se atribuyó principalmente a un cambio hacia la generación de electricidad con una menor intensidad de emisiones de GEI dentro de la red regional. Los datos de consumo de electricidad se originaron en el Arizona Public Service y el Salt River Project. Los datos de pérdidas en la transmisión y distribución (Transmission and Distribution, T&D) de electricidad se originaron en la Administración de Información Energética. Los datos del consumo de gas natural de Southwest Gas no estaban disponibles para 2022, por lo que los niveles de consumo se estimaron a partir de los datos del inventario de GEI del año anterior y de los datos de la Arizona Corporation Commission. La Figura ES-2 ilustra el desglose de las emisiones de GEI por subsector de energía estacionaria, en tanto que la Tabla ES-2 proporciona información detallada por subsector.

Tabla ES-2. Emisiones de GEI provenientes de la energía estacionaria (miles de Tm CO₂e)

Energía estacionaria	2012	2016	2018	2020	2022
Edificios residenciales	4,093	3,939	3,752	3,457	3,190
Edificios comerciales e institucionales	5,183	4,746	4,746	3,832	3,716
Industrias manufactureras y construcción	87	74	8.30	72.5	80.3
Actividades agrícolas, forestales y pesqueras	69.0	51.8	46.5	45.5	50.5
Fuentes no especificadas	0.06	0.08	0.07	0.12	0.14
Total	9,432	8,811	8,553	7,407	7,037

Transporte

En 2022, el sector de transporte fue la mayor fuente de emisiones de GEI en Phoenix. Las fuentes de emisiones de GEI del sector de transporte incluyen los vuelos comerciales, la aviación civil, el transporte por carretera, el uso de vehículos no destinados al transporte, los trenes ligeros y los trenes de carga. Estas emisiones resultan de la combustión de combustibles fósiles (p. ej., gasolina, diésel, gas natural comprimido (Compressed Natural Gas, CNG), gas natural licuado (Liquefied Natural Gas, LNG), gas licuado de petróleo (Liquefied Petroleum Gas, LPG), gasolina de aviación y combustible para aviones A), combustibles alternativos combinados (p. ej., biodiésel B20, etanol E85) o indirectamente a través del consumo de electricidad para cargar vehículos eléctricos. Las emisiones de GEI provenientes del sector de transporte para 2022 fueron de 8,470,357 Tm CO₂e, lo que representa un aumento del 8 % en las emisiones de GEI con respecto al nivel de 2012 de 7,818,682 Tm CO₂e (Figura ES-3).

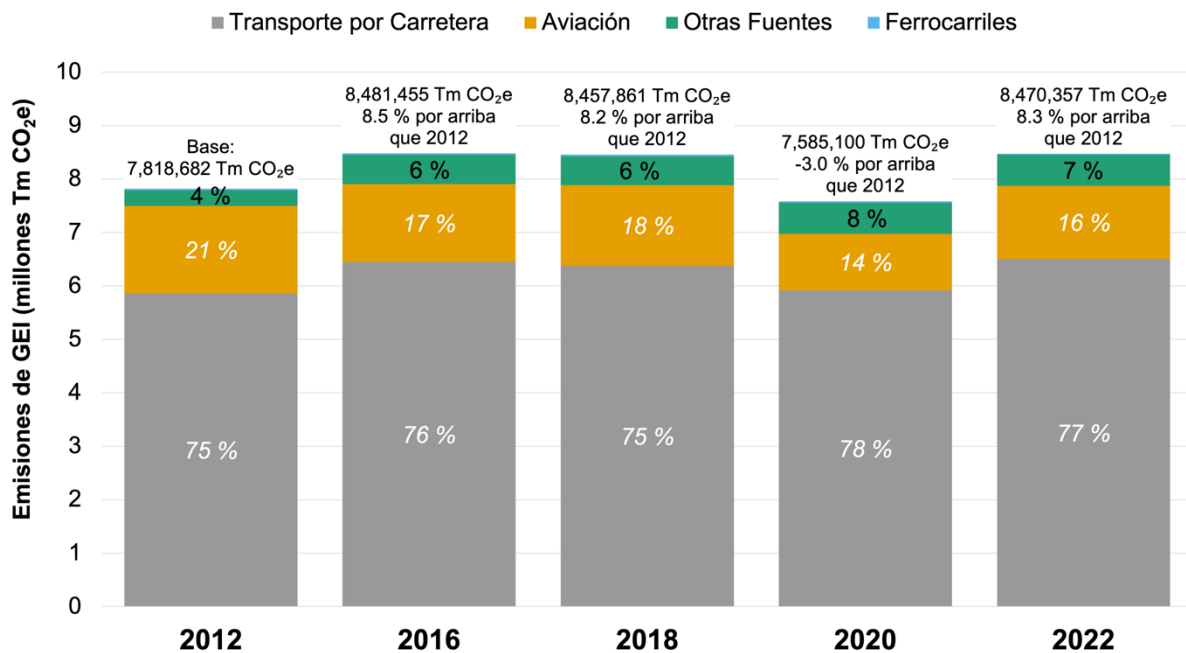


Figura ES-3. Emisiones de GEI provenientes del sector de transporte durante los años de inventario

Se observó un repunte en la actividad de transporte a nivel comunitario tras las disminuciones provocadas por la pandemia de 2020 (Tabla ES-3). Este efecto fue más evidente en las ventas de combustible a nivel del condado y en la actividad aeroportuaria. Sin embargo, las emisiones de GEI provenientes del sector de transporte han aumentado en Phoenix desde 2012, ya que estas emisiones se incrementan con el aumento de la población. Los datos se obtuvieron de la Municipalidad de Phoenix, el Departamento de Transporte de Arizona, la División de Pesos y Medidas del Departamento de Agricultura de Arizona, la Administración Federal de Aviación y la Administración de Información Energética.

Tabla ES-3. Emisiones de GEI provenientes del sector de transporte (miles de Tm CO₂e)

Transporte	2012	2016	2018	2020	2022
Transporte por carretera	5,856	6,446	6,375	5,915	6,504
Vías férreas	29.1	29.3	31.5	29.0	11.8
Aviación comercial	1,626	1,448	1,495	1,042	1,360
Aviación civil (gasolina de aviación)	13.4	11.7	16.2	13.9	9.4
Transporte fuera de carretera	294	546	540	585	585
Total	7,819	8,481	8,458	7,585	8,470

Residuos

Las emisiones de GEI del sector de residuos provienen de instalaciones de residuos sólidos (vertederos), plantas de tratamiento de aguas residuales e instalaciones de compostaje. Los residuos sólidos que generan los residentes de Phoenix se desechan en vertederos fuera de los límites de la municipalidad. Los vertederos dentro de los límites de la municipalidad están cerrados y no aceptan residuos. El agua tratada dentro de los límites de la municipalidad la generan los residentes de Phoenix, además de los residentes de Glendale, Mesa, Scottsdale y Tempe. Se estimaron las emisiones de GEI generadas por el compostaje en las instalaciones que son propiedad de la municipalidad dentro de sus límites. Las emisiones de GEI provenientes de los residuos alcanzaron un total de 297,585 Tm CO₂e en 2022, un 18 % menos que los niveles de 2012, de 364,135 Tm CO₂e (Tabla ES-4). Varios factores contribuyeron a la reducción de emisiones de GEI del sector de residuos. Aunque han aumentado las emisiones por operar instalaciones de residuos sólidos, han disminuido las emisiones de vertederos cerrados dentro de Phoenix. Además, capturar y convertir el biogás metano quemado en gas natural renovable en la planta de tratamiento de aguas residuales de 91st Avenue ha dado lugar a que las emisiones de GEI provenientes del tratamiento de aguas residuales se mantengan sin cambios, a pesar del crecimiento significativo de la población en Phoenix entre 2012 y 2022.

Tabla ES-4. Emisiones de GEI del sector de residuos (miles de Tm CO₂e)

Residuos	2012	2016	2018	2020	2022
Eliminación de residuos sólidos	351.8	299.1	282.5	269.7	284.4
Tratamiento y descarga de aguas residuales	6.5	7.5	7.5	6.7	6.3
Tratamiento de residuos biológicos (compostaje)	5.8	4.0	8.1	6.4	6.9
Total del sector de residuos	364.1	310.5	298.1	282.8	297.6

Conclusión

Las emisiones de GEI en toda la municipalidad en Phoenix alcanzaron un total de 15,804,670 Tm CO₂e, 10.3 % por debajo de los niveles de 2012 de 17,614,455 Tm CO₂e. Las emisiones de GEI provenientes de la energía estacionaria disminuyeron 2,394,910 Tm CO₂e con respecto a los niveles de 2012 debido a que la red eléctrica regional tiene una menor intensidad de emisiones de GEI. Las emisiones de GEI del sector transporte aumentaron a 651,675 Tm CO₂e por encima de los niveles de 2012, en gran medida debido al crecimiento de la población en la municipalidad y la región. Las emisiones de GEI provenientes de los residuos disminuyeron un 8 % con respecto a los niveles de 2012, aunque las emisiones de los residuos son relativamente más pequeñas que las generadas por los sectores de energía estacionaria y transporte.

Las actividades de transporte constituyeron el 54 % de las emisiones en todo Phoenix en 2022, lo que superó a las actividades de generación de energía estacionaria como la mayor fuente de emisiones. El consumo de gasolina fue la mayor fuente individual de emisiones de GEI en Phoenix (5,686,199 Tm CO₂e o 36 %). Si bien la actividad de la energía estacionaria y el transporte aumentó desde 2012, las emisiones de GEI provenientes de la actividad de la energía estacionaria han disminuido debido a que la red eléctrica regional tiene una menor intensidad de emisiones de GEI. Las mejoras en la eficiencia del combustible no han compensado el aumento en el consumo de combustible. Aumentar la eficiencia del combustible de los vehículos con motor de combustión interna (Internal Combustion Engine, ICE) y el número de vehículos eléctricos de batería (Battery Electric Vehicle, BEV), vehículos eléctricos con celda de combustible (Fuel Cell Electric Vehicle, FCEV) o vehículos híbridos eléctricos de batería recargable (Plugin Hybrid Electric Vehicles, PHEV) puede reducir las emisiones de GEI relacionadas con el transporte. Otro camino es aumentar la disponibilidad de transporte público y las rutas activas de transporte.

Introducción

Las emisiones de GEI a escala comunitaria de la Municipalidad de Phoenix se inventariaron de acuerdo con el Protocolo global para inventarios de emisiones de GEI a escala comunitaria (Greenhouse Gas Protocol for Cities, GPC). El GPC considera cinco sectores de emisiones de GEI: energía estacionaria, transporte, residuos, procesos industriales y uso de productos (Industrial Processes and Product Use, IPPU), y agricultura, silvicultura y uso de la tierra (Agriculture, Forestry, and Land Use, AFOLU). El inventario de emisiones de GEI a escala comunitaria de la Municipalidad de Phoenix es un inventario con nivel de informe BÁSICO. Las fuentes y los alcances de las emisiones incluyen un inventario con informe a nivel BÁSICO: todas las emisiones de alcance 1 de fuentes de energía estacionaria (salvo la producción de energía suministrada a la red, que se informará en el total de alcance 1); todas las emisiones de alcance 1 de fuentes de transporte; todas las emisiones de alcance 1 de fuentes de residuos (salvo las emisiones generadas por los residuos importados, que se informarán en el total de alcance 1); todas las emisiones de alcance 2 de fuentes de energía estacionaria y transporte, y emisiones de alcance 3 por tratamiento de residuos exportados. Los IPPU y la AFOLU no están obligados a ser inventariados para la presentación de informes de nivel BÁSICO de acuerdo con el GPC.

En 2022, las emisiones a escala comunitaria alcanzaron un total de 15,804,670 Tm CO₂e, una disminución del 10.3 % con respecto al nivel de referencia de 2012 de 17,614,455 Tm CO₂e (Tabla 1). El Apéndice A contiene un desglose detallado de las emisiones de GEI del sector y subsector del GPC durante los años de inventario. Los sectores de energía estacionaria y transporte representan aproximadamente el 98 % de las emisiones de GEI a escala comunitaria. La combustión de gasolina en motores de vehículos para carretera es la mayor fuente individual de emisiones de GEI y constituye el 67 % de las emisiones de GEI generadas por el transporte y el 36 % de las emisiones totales. La siguiente fuente más grande de emisiones de GEI es el consumo de electricidad comercial e industrial, que representa aproximadamente el 21 % de las emisiones totales. Las tres principales fuentes de emisión (consumo de gasolina en motores de vehículos para carretera, consumo de electricidad comercial e industrial y consumo de electricidad residencial) representan el 75 % de las emisiones totales. Se proyecta que las emisiones de GEI relacionadas con la electricidad disminuyan en el futuro debido a la disminución en la intensidad de las emisiones de GEI de la red eléctrica regional. Las emisiones de GEI generadas por el consumo de gasolina en motores de vehículos para carretera probablemente permanecerá como la mayor fuente individual de emisiones de GEI en la municipalidad. Las políticas para reducir las emisiones de GEI relacionadas con el consumo de gasolina en Phoenix son fundamentales para cumplir con los objetivos y las metas relacionadas con las emisiones de GEI en el futuro.

Tabla 1. Emisiones de GEI a nivel de la comunidad por sector durante los años de inventario

Sector	Emisiones de GEI (Tm CO ₂ e)					% de cambio 2012-2022
	2012	2016	2018	2020	2022	
Energía estacionaria	9,432	8,811	8,553	7,407	7,037	-25.4 %
Transporte	7,819	8,481	8,458	7,585	8,470	8.3 %
Residuos	364.1	310.5	298.2	282.8	297.6	-18.3 %
Total	17,614	17,603	17,309	15,275	15,805	-10.3 %

La disminución en las emisiones de GEI en toda la municipalidad se debió a que la red eléctrica regional tuvo una menor intensidad de emisiones de GEI. Las emisiones de GEI de la producción de electricidad disminuyeron 2,438,091 Tm CO₂e (28 %) entre 2012 y 2022. Las emisiones de GEI provenientes de los residuos, que aproximadamente representan el 2 % de las emisiones de GEI a escala comunitaria, también se redujeron en 66,550 Tm CO₂e (18 %) entre 2012 y 2022. A diferencia de los sectores de energía estacionaria y de gestión residuos, las emisiones de GEI generadas por el transporte aumentaron en 651,675 Tm CO₂e (8 %). En general, las emisiones de GEI per cápita disminuyeron un 20 %, de 11.95 a 9.51 Tm CO₂e por residente entre 2012 y 2022 (Figura 1).

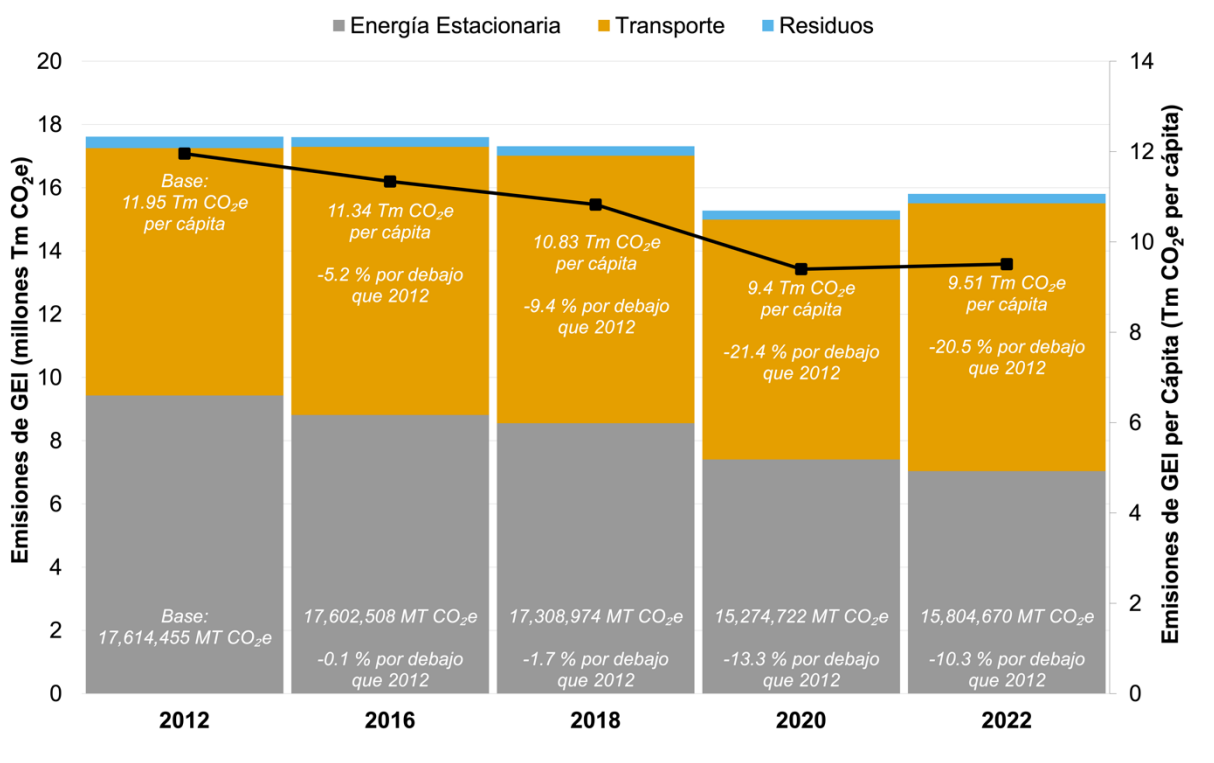


Figura 1. Emisiones totales de GEI y emisiones de GEI per cápita desde 2012

A las emisiones de GEI se les asignan alcances en función del lugar donde se produce la actividad que las emite. Las emisiones de GEI de alcance 1 se producen

directamente dentro de los límites de la municipalidad a partir de las actividades de transporte, la combustión de gas natural y la eliminación de residuos. Las emisiones de GEI de alcance 2 son emisiones indirectas de GEI que se generan a través de la compra de energía suministrada por la red, como la electricidad, y no necesariamente se producen dentro de los límites de la municipalidad. Las emisiones de GEI de alcance 3 son otras emisiones indirectas que se generan a partir de los residuos eliminados fuera de los límites de la municipalidad. En 2022, el 60 % de las emisiones de GEI se produjo de forma directa dentro de los límites de la municipalidad como emisiones de alcance 1; el 39 %, de forma directa como emisiones de alcance 2 a través de la compra de electricidad, y aproximadamente el 1 %, de forma indirecta como emisiones de alcance 3 a partir de los residuos eliminados fuera de los límites de la municipalidad (Tabla 2)

Tabla 2. Emisiones de GEI a nivel comunitario en 2022 por sector y alcance

Sector	Emisiones de GEI (Tm CO ₂ e)			
	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Total
Energía estacionaria	849,903	6,186,826	269,697	7,036,729
Transporte	8,453,966	16,391	715	8,470,357
Residuos	147,448	NO	150,137	297,585
Total	9,451,317	6,203,216	150,137	15,804,670

* Las emisiones de GEI de los sectores de transporte y energía estacionaria de alcance 3 no cuentan para el total de emisiones de GEI para el nivel de informe BÁSICO. NO: No ocurre

En 2022, las actividades de energía estacionaria (emisiones de GEI resultantes de la combustión de gas natural y del consumo de electricidad) representaron aproximadamente el 45 % de las emisiones de GEI en toda la municipalidad. Las actividades de transporte consisten aproximadamente el 54 % de las emisiones de GEI y han aumentado en relación con las emisiones de GEI provenientes de la energía estacionaria desde 2012. La combustión de gasolina produjo 67 % de las emisiones de GEI generadas por el sector de transporte dentro de los límites de la municipalidad. Las dos mayores fuentes de emisiones de GEI produjeron el 75 % de las emisiones totales de GEI a escala comunitaria fueron: el consumo de electricidad (39 %) y la combustión de gasolina (36 %). Los esfuerzos de mitigación de GEI en la municipalidad deben priorizar estas dos fuentes de emisiones de GEI para lograr reducciones de emisiones de GEI.

Los retiros de centrales y el despliegue de nuevas fuentes de energía renovable por parte de Arizona Public Service² (APS), Salt River Project³ (SRP) y la empresa Public Service Company of Nuevo México⁴ (PNM) incluyen la promesa de retirar y reemplazar las centrales eléctricas de carbón por fuentes de generación con una intensidad menor

² Arizona Public Service (2020). Perspectivas de las partes interesadas. (Stakeholder Perspectives) URL: <https://www.aps.com/en/About/Our-Company/Clean-Energy/Stakeholder-Perspectives>

³ Salt River Project (2019). La Estación Generadora Navajo cierra permanentemente. (Navajo Generating Station Permanently Shuts Down) URL: <https://media.srpnet.com/navajo-generating-station-permanently-shuts-down/>

⁴ PNM (2020). Nuestro compromiso URL: <https://www.pnm.com/our-commitment>

de emisiones de GEI, lo que resultará en reducciones significativas de las emisiones de GEI a escala comunitaria. La fuente de emisiones de GEI más grande en la red eléctrica regional, la Estación Generadora Navajo operada por SRP, cerró en 2019 y se ha integrado más energía renovable a la red eléctrica. La intensidad medida de GEI de la red eléctrica de la subregión Arizona-Nuevo México disminuyó un 24 % entre 2018 y 2022.

El transporte por carretera es la única y mayor actividad que emite GEI en Phoenix. Estas emisiones incrementaron entre 2012 y 2018, pero volvieron a disminuir a los niveles de 2012 en 2020, en gran parte, debido a la pandemia. Desde 2020, las emisiones de GEI han vuelto a incrementar y han sobrepasado los niveles previos a la pandemia. La viabilidad y la rentabilidad de las estrategias para reducir las emisiones de GEI que se generan por las actividades de transporte, específicamente el consumo de gasolina para motores de vehículos para carretera, determinarán futuras emisiones de GEI a escala comunitaria y permitirán que la municipalidad cumpla con los objetivos de reducción de emisiones de GEI.

Por último, debido a las circunstancias atenuantes de la pandemia global que empezó en 2020, el informe de inventario de GEI de 2022 presenta comparaciones con las emisiones del año 2018 a fin de evitar comparaciones con un año aislado en términos de actividades de emisión de GEI.

1. Sector de energía estacionaria

Las emisiones de GEI provenientes de la energía estacionaria se generan directamente dentro de los límites de la municipalidad de fuentes como la combustión de gas natural (alcance 1), e indirectamente a través del consumo de electricidad comprada (alcance 2). Las emisiones de alcance 2 son el mayor componente de emisiones de GEI que se generan a partir de la energía estacionaria en Phoenix (Figura 2), y contribuyen de manera significativa a las emisiones totales de la municipalidad. Sin embargo, debido a que la intensidad de las emisiones de GEI de la red eléctrica regional disminuyó, la proporción de emisiones de alcance 2 provenientes de la energía estacionaria del total de emisiones comunitarias de GEI en Phoenix ha disminuido de forma constante a lo largo de los años: 49 % del total en 2012, 45 % en 2016 y 2018, 43 % en 2020 y 39 % en 2022.

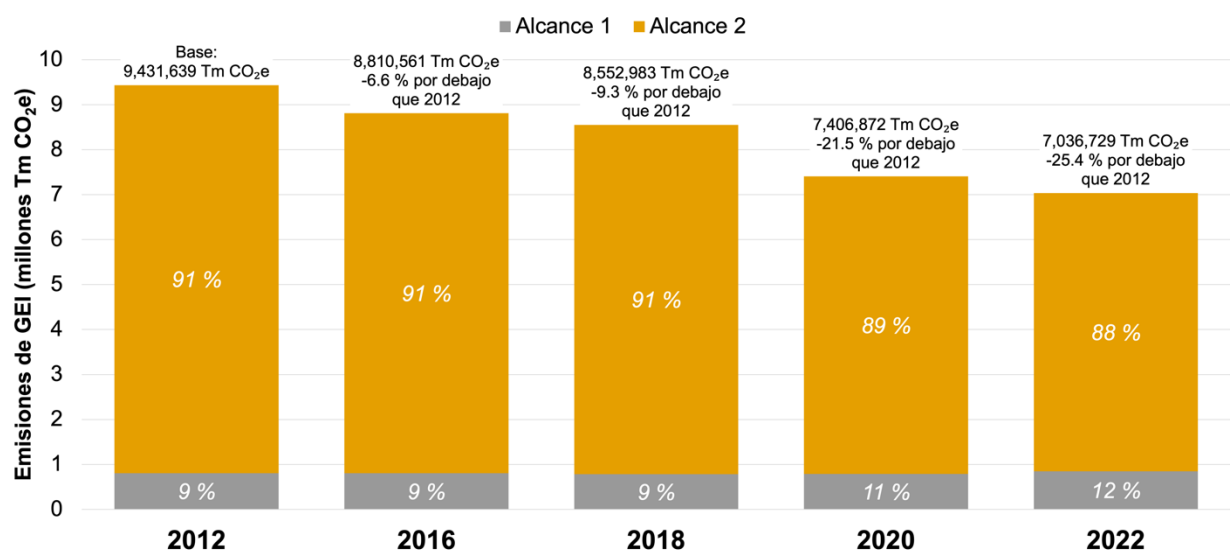


Figura 2. Emisiones de GEI provenientes de la energía estacionaria por alcance desde 2012

Las emisiones de GEI por la generación de electricidad se calculan utilizando los datos de consumo de electricidad (también llamados datos de actividad) y los factores de emisión de GEI proporcionados por la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency, EPA) en la Base de Datos Integrada de Recursos de Generación y Emisiones (Emissions and General Resource Integrated Database, eGRID).⁵ El factor de emisiones (EF) de la eGRID específico para la subregión de Arizona-Nuevo México (AZNM) se utiliza para el inventario de GEI a escala comunitaria. Este EF representa el promedio anual del perfil de emisiones de GEI por la generación de electricidad en la subregión ZNM, expresada como emisiones de CO₂e por MWh de generación neta. La subregión de AZNM incluye centrales eléctricas en Arizona, el oeste y centro de Nuevo México, el sur de Nevada y partes del suroeste de California.

Desde 2012, el EF de GEI para la subregión AZNM ha disminuido un 33 %. Esta reducción se debe principalmente a un aumento en la generación de gas natural y de electricidad a partir de fuentes renovables, junto con una disminución significativa de la generación de electricidad por combustión de carbón. En particular, el cierre de la Estación Generadora Navajo, que funcionaba por la combustión de carbón del SRP en 2019 y era la mayor fuente de emisiones de GEI en la subregión AZNM, ha disminuido más el factor de emisiones en un 17.3 %, lo que ha contribuido significativamente a la disminución de las emisiones de GEI en Phoenix.

⁵ La base de datos eGRID hace un inventario de los atributos ambientales de la generación de energía eléctrica a nivel de central y su efecto en las emisiones liberadas al aire por cada central eléctrica en los Estados Unidos. Phoenix se encuentra en la subregión de Arizona y Nuevo México (AZNM). La Base de Datos Integrada de Recursos de Generación y Emisiones (eGRID), desarrollada por la EPA en colaboración con la Administración de Información Energética (Energy Information Administration, EIA), la North American Electric Reliability Corporation (NERC) y la Comisión Federal Reguladora de Energía (Federal Energy Regulatory Commission, FERC) es una fuente de datos integral sobre las características ambientales de casi toda la energía eléctrica generada en los Estados Unidos. Puede encontrar información detallada en <http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-resources/eGRID/index.html>.

En busca de metas a largo plazo, el SRP ha establecido una meta a largo plazo para reducir la intensidad de las emisiones de GEI de la producción de electricidad un 65 % con respecto a los niveles de 2005 para 2035, y un 90 % para 2050.⁶ APS anunció planes para abandonar el uso de carbón para la generación de electricidad para 2031 y tiene un objetivo de neutralidad de carbono para 2050.⁷ Además, PNM planea lograr la generación de electricidad 100 % libre de carbono para 2040.⁸ Estas iniciativas energéticas para reducir la intensidad de emisiones de GEI de la generación de electricidad tendrán como resultado una disminución adicional significativa en las emisiones de GEI en Phoenix en el futuro.

1.1 Emisiones de GEI de alcance 1 provenientes de la energía estacionaria

Las emisiones de GEI de alcance 1 provenientes de la energía estacionaria se producen, en parte, por la combustión de gas natural (medidas en termias) dentro de los límites de la municipalidad. A diferencia de los años anteriores de inventarios de GEI, Southwest Gas no proporcionó datos sobre el consumo de gas natural. Por lo tanto, los niveles de consumo en toda la municipalidad en 2022 se estimaron a partir de los datos de consumo obtenidos previamente y de los datos de la Arizona Corporation Commission. En 2022, el consumo estimado de gas natural en toda la municipalidad fue 5 % superior a los niveles de 2012 y 9 % superior a los niveles de 2018 (Tabla 3). Se revisarán estas emisiones si los datos de los servicios públicos están disponibles.

Tabla 3. Emisiones de GEI de alcance 1 provenientes de la energía estacionaria

Datos de actividad de alcance 1 (kilotermias)	2012	2016	2018	2020	2022
Edificios residenciales	58,796	58,946	53,241	60,479	62,461
Edificios comerciales e institucionales	63,802	69,036	83,367	65,688	72,803
Industrias manufactureras y construcción	16,289	13,850	1,562	13,632	15,108
Actividades agrícolas, pesqueras y forestales	12,982	9,737	8,744	8,564	9,492
Sin especificar	11.29	14.65	13.85	23.16	25.67
Total	151,881	151,584	146,927	148,386	159,890

Emisiones de GEI de alcance 1 (Tm CO ₂ e)	2012	2016	2018	2020	2022
Edificios residenciales	312,298	313,330	283,007	321,480	332,017
Edificios comerciales e industriales	338,887	366,966	443,139	349,167	386,989
Industrias manufactureras y construcción	86,522	73,622	8,303	72,459	80,308
Actividades agrícolas, pesqueras y forestales	68,954	51,758	46,477	45,523	50,454
Sin especificar	60	78	74	123	136
Total	806,722	805,753	781,000	788,752	849,903

Las emisiones de GEI de alcance generadas por la energía estacionaria aumentaron 43,181 Tm CO₂e por encima de los niveles de 2012 (Figura 3). El consumo de gas natural en edificios comerciales e institucionales es la mayor fuente de emisiones de GEI de alcance 1 generadas por la de energía estacionaria. En 2018, el subsector de instalaciones y edificios comerciales e institucionales constituyó el 57 % de las emisiones de GEI de alcance 1 generadas por la energía estacionaria y, posteriormente, este porcentaje disminuyó al 46 % en 2022. Un motivo probable para el aumento de emisiones de GEI relacionado con la combustión de gas natural es el crecimiento de la población y las nuevas construcciones que aumentan el número de residencias y edificios con servicio de gas natural.

⁶ Salt River Project (2024). Sustentabilidad en SRP (Sustainability at SRP). URL: <https://www.srpnet.com/grid-water-management/sustainability-environment/sustainability>

⁷ Arizona Public Service (2020). Energía limpia (Clean Energy). URL: <https://www.aps.com/en/About/Our-Company/Clean-Energy>

⁸ PNM (2020). Nuestro compromiso. URL: <https://www.pnm.com/our-commitment>

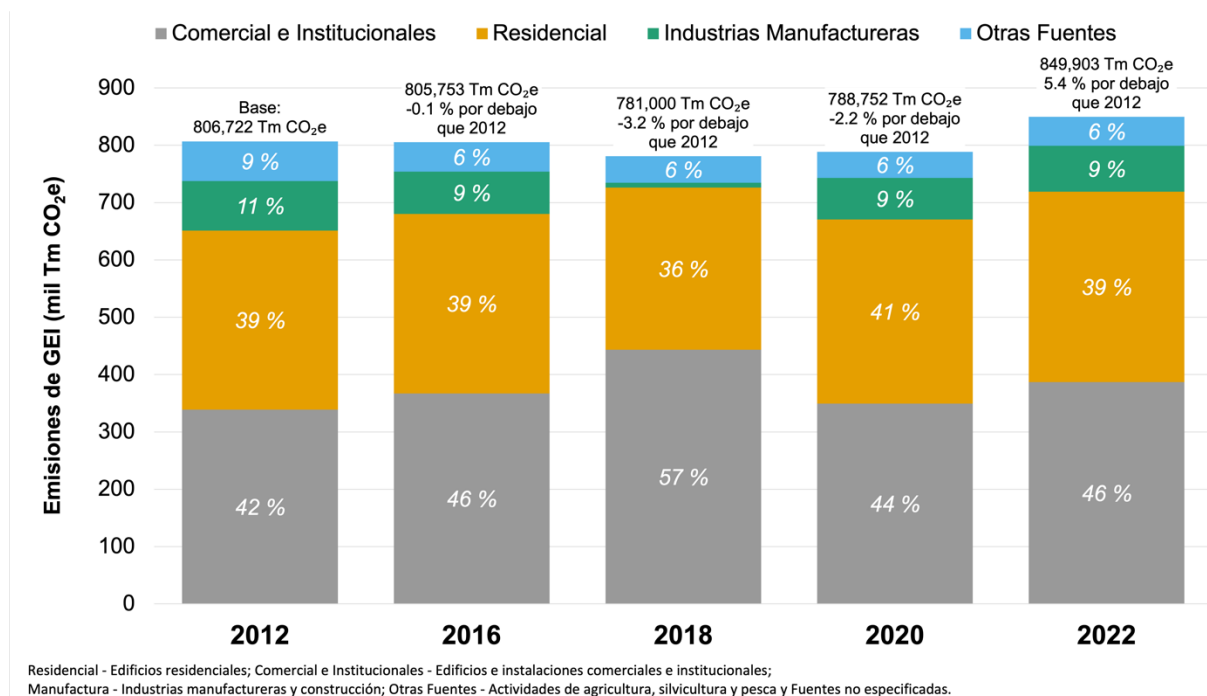


Figura 3. Emisiones de GEI de alcance 1 provenientes de la energía estacionaria desde 2012

1.2 Emisiones de GEI de alcance 2 provenientes de la energía estacionaria

Las emisiones de GEI de alcance 2 generadas por la energía estacionaria se producen a partir del consumo de electricidad comprada a APS y SRP dentro de los límites de la municipalidad. Como se muestra en la Tabla 4, entre 2012 y 2022 el consumo de electricidad aumentó aproximadamente un 7 % (1,073,351 MWh) y, entre 2018 y 2022, la electricidad aumentó un 5 % (825,051 MWh). La generación de energía mediante una instalación fotovoltaica solar detrás del medidor en la comunidad, que no se considera en el cálculo de las emisiones de GEI de alcance 2 a partir de fuentes de energía estacionaria, alcanzó un total de 718,745 MWh. Una instalación fotovoltaica solar detrás del medidor, que es energía solar que se genera desde la propiedad del cliente, comprende aproximadamente el 6.6 % del consumo total de electricidad de toda la municipalidad. Las cuentas residenciales generaron el 70 % de la energía obtenida mediante instalación fotovoltaica solar detrás del medidor, y las cuentas comerciales e industriales generaron el resto de la energía obtenida mediante este tipo de instalación en Phoenix.

Tabla 4. Emisiones de GEI de alcance 2 provenientes de la energía estacionaria

Datos de actividad de alcance 2 (GWh)	2012	2016	2018	2020	2022
Edificios residenciales	7,202	7,620	7,445	8,133	8,086
Edificios comerciales e institucionales	9,226	9,202	9,232	9,032	9,416
Industrias manufactureras y construcción	IE*	IE*	IE*	IE*	IE*
Total	16,428	16,822	16,677	17,165	17,502

Emisiones de GEI de alcance 2 (miles de Tm CO ₂ e)	2012	2016	2018	2020	2022
Edificios residenciales	3,781	3,626	3,469	3,136	2,858
Edificios comerciales e institucionales	4,844	4,379	4,303	3,482	3,329
Industrias manufactureras y construcción	IE*	IE*	IE*	IE*	IE*
Total	8,625	8,005	7,772	6,618	6,187

* Las industrias manufactureras y la construcción se han incluido como elementos incluidos en otra parte (Included Elsewhere, IE) en edificios comerciales e institucionales porque estos datos están disponibles para algunos años y no para otros. Se asumió que las emisiones de GEI de alcance 2 generadas por la energía estacionaria de industrias energéticas; actividades agrícolas, forestales y pesqueras (Agriculture, Forestry, and Fishing Activities, AFFA), y fuentes no especificadas se incluyeron en otra parte (IE) y, por lo tanto, no se incluyeron en esta tabla. No se estimaron (Not Estimated, NE) las emisiones fugitivas provenientes de las emisiones de GEI de alcance 2 producidas por la energía estacionaria a partir de la minería, procesamiento, almacenamiento y transporte de carbón (Mining, Processing, Storage, and Transport of Coal, MPST) ni las emisiones fugitivas de los sistemas de petróleo y gas natural (Oil and Natural Gas Systems, ONGS) y, por lo tanto, no se incluyen en esta tabla.

En 2022, las emisiones de GEI de alcance 2 provenientes de la energía estacionaria fueron de 6,186,826 Tm CO₂e, un 28 % por debajo de los niveles de 2012 (Figura 4). Las emisiones de GEI de alcance 2 provenientes de la energía estacionaria disminuyeron a pesar del aumento en el consumo de electricidad, debido a que la intensidad de emisiones de GEI de la red eléctrica regional se redujo en un 33 % entre 2012 y 2022. La reducción de la intensidad de emisiones de GEI en la generación de electricidad fue resultado del retiro y reemplazo de las centrales eléctricas de carbón por gas natural y fuentes de generación eléctrica renovables (eólica y solar).⁹

Si bien el gas natural es una fuente de energía estacionaria con emisiones de alcance 1 dentro de los límites de la municipalidad, la intensidad de las emisiones de GEI provenientes la generación de electricidad con gas natural es significativamente menor que la generación de electricidad con carbón, por lo que una transición de carbón a gas natural reduce la intensidad de emisiones de GEI de electricidad consumida dentro de los límites de la municipalidad. La integración adicional de fuentes de energía renovable a la red eléctrica regional también reduce significativamente la intensidad de las emisiones de GEI de la electricidad consumida dentro de los límites de la municipalidad. Además, la reducción en la intensidad de emisiones de GEI de la red eléctrica regional de Phoenix ocurrió durante un período en el que el PIB creció aproximadamente un 54 %. La disminución del crecimiento en el consumo de electricidad con respecto al crecimiento económico podría haber ocurrido por numerosas razones, incluidas las modernizaciones de eficiencia energética, las nuevas construcciones con energía eficiente y la generación de energía comercial renovable. Se recomienda seguir trabajando para explorar la medida en que cada uno de estos factores contribuyó a la disminución del aumento en el consumo de electricidad.

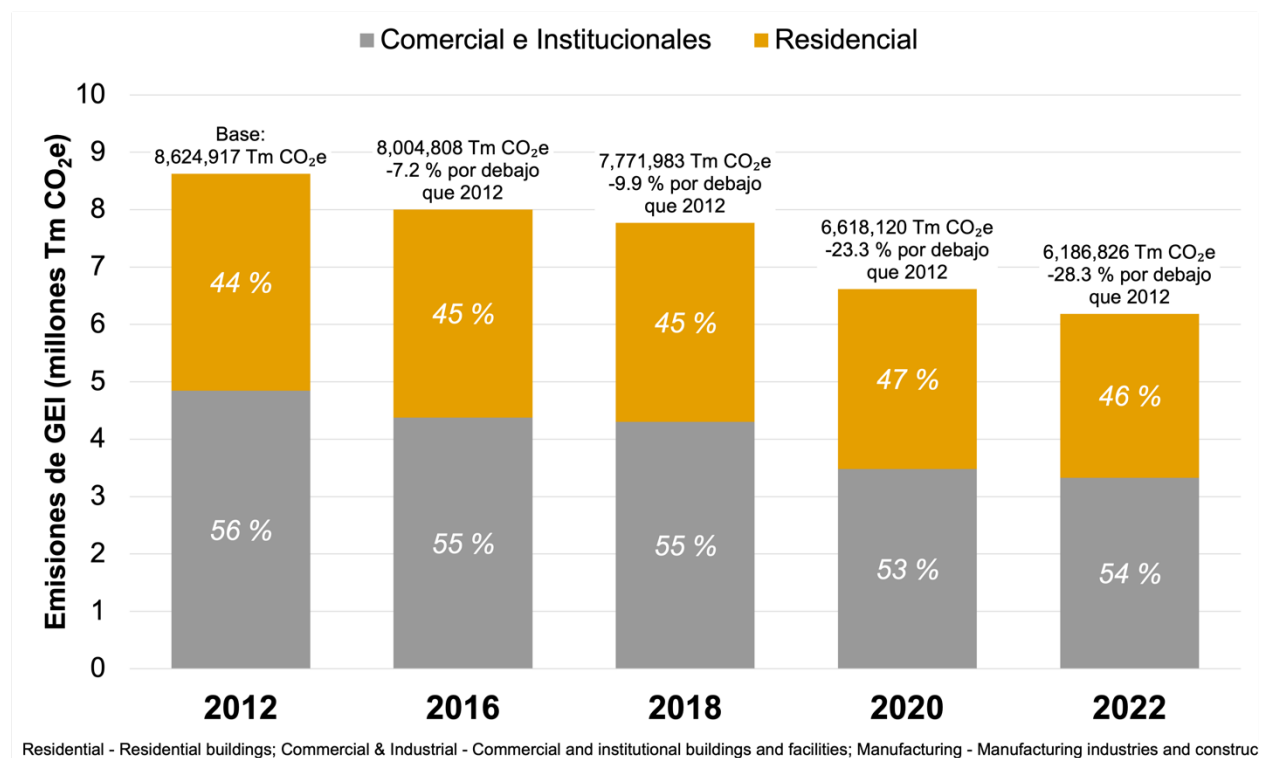


Figura 4. Emisiones de GEI de alcance 2 provenientes de la energía estacionaria durante los años de inventario

⁹ La Base de Datos Integrada de Recursos de Generación y Emisiones (eGRID), desarrollada por la EPA en colaboración con la Administración de Información Energética (Energy Information Administration, EIA), la North American Electric Reliability Corporation (NERC) y la Comisión Federal Reguladora de Energía (Federal Energy Regulatory Commission, FERC) es una fuente de datos integral sobre las características ambientales de casi toda la energía eléctrica generada en los Estados Unidos. Puede encontrar información detallada en <http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-resources/egrid/index.html>.

1.3 Emisiones de GEI de alcance 3 provenientes de la energía estacionaria

Las emisiones de GEI de alcance 3 provenientes de la energía estacionaria se producen a partir de pérdidas de transmisión y distribución en la red eléctrica del estado y varían de un año a otro (Tabla 5). Entre 1990 y 2022, la pérdida de transmisión y distribución (T&D) en el estado de Arizona tuvo un promedio de 4.5 % \pm 0.7 % del consumo de electricidad.¹⁰

Tabla 5. Tasa de pérdida de transmisión y distribución en Arizona

Tasa de pérdida de transmisión y distribución	2012	2016	2018	2020	2022
Tasa de pérdida de transmisión y distribución en Arizona	3.7 %	3.8 %	3.6 %	4.2 %	4.4 %

Las emisiones de GEI de alcance 3 provenientes de la energía estacionaria no están dentro del alcance del nivel de informe BÁSICO del GPC. Sin embargo, se presentan en la Tabla 6 para mostrar todo el alcance de las emisiones de GEI a partir del consumo de electricidad. La pérdida de T&D subraya el hecho de que la generación de energía renovable in situ y la eficiencia energética evitan las emisiones de GEI generadas por la electricidad perdida durante la T&D en la red eléctrica.

Tabla 6. Emisiones de GEI de alcance 3 provenientes de la energía estacionaria

Datos de actividad de alcance 3	2012	2016	2018	2020	2022
Pérdida de transmisión y distribución (MWh)	613,578	632,103	602,787	718,298	762,940
Fuga de gas natural (termias)	NE	NE	NE	NE	NE
Total	613,578	632,103	602,787	718,298	762,940

Emisiones de GEI de alcance 3 (Tm CO ₂ e)	2012	2016	2018	2020	2022
Pérdida de transmisión y distribución (MWh)	322,128	300,780	280,921	276,940	269,697
Fuga de gas natural (termias)	NE	NE	NE	NE	NE
Total	322,128	300,780	280,921	276,940	269,697

*NE: No estimado

¹⁰ Administración de Información Energética de EE. UU., Formulario EIA-923, Informe de operaciones de centrales eléctricas y formularios anteriores. Administración de Información Energética de EE. UU., Formulario EIA-923, Informe de operaciones de centrales eléctricas y formularios anteriores. Administración de Información Energética de EE. UU., Formulario EIA-861, Informe anual de la industria de energía eléctrica. Formulario EIA-111, Informe trimestral de importaciones y exportaciones.

2. Sector de transporte

Las emisiones de GEI provenientes del sector de transporte tienen componentes de alcance 1, 2 y 3. Las emisiones de alcance 1 provienen de la combustión de combustibles fósiles para el transporte como la gasolina, el diésel, CNG, LNG, LPG y mezclas de biocombustibles como el biodiésel B20 y el etanol E85. Las emisiones de alcance 2 resultan del consumo de electricidad para cargar vehículos eléctricos recargables y dar energía al tren ligero; y las emisiones de alcance 3 provienen de la pérdida de T&D asociada con el consumo de electricidad para el transporte. En 2022, las emisiones de GEI provenientes del transporte alcanzaron un total de 8,470,357 Tm CO₂e, lo que marcó un aumento del 8 % sobre los niveles de 2012 de 7,818,682 Tm CO₂e.

La combustión de gasolina en motores es la mayor fuente individual de emisiones de GEI generadas por el transporte y constituye el 67 % de las emisiones relacionadas con el transporte y el 36 % de las emisiones de GEI en toda la municipalidad (Figura 5). El consumo de gasolina a nivel comunitario abarca todos los usos finales de la gasolina, aunque se supuso que las emisiones provenientes de algunos usos finales, como las cortadoras de césped a gasolina, son insignificantes comparadas con el consumo de gasolina de vehículos motorizados.¹¹ Las emisiones de GEI del combustible para aviones A (16 %) y el combustible diésel en vehículos para uso en carretera (9 %) son las siguientes fuentes más importantes de emisiones de GEI del sector de transporte.

Si bien las emisiones de GEI del sector de transporte disminuyeron entre 2018 y 2020, la actividad de transporte en Phoenix se recuperó desde 2020. Históricamente, las emisiones de GEI de la combustión de gasolina han aumentado con el crecimiento de la población. Conforme sigue el crecimiento, la implementación de soluciones viables para reducir las emisiones de GEI relacionadas con el consumo de gasolina (desarrollar opciones de transporte público y promover rutas activas de transporte) se vuelve fundamental para lograr las metas de reducción de emisiones de GEI. Los impulsores externos, como aumentar la eficiencia de combustible vehicular y aumentar el número de EV y PHEV, también disminuirán las emisiones de GEI relacionadas con el transporte.

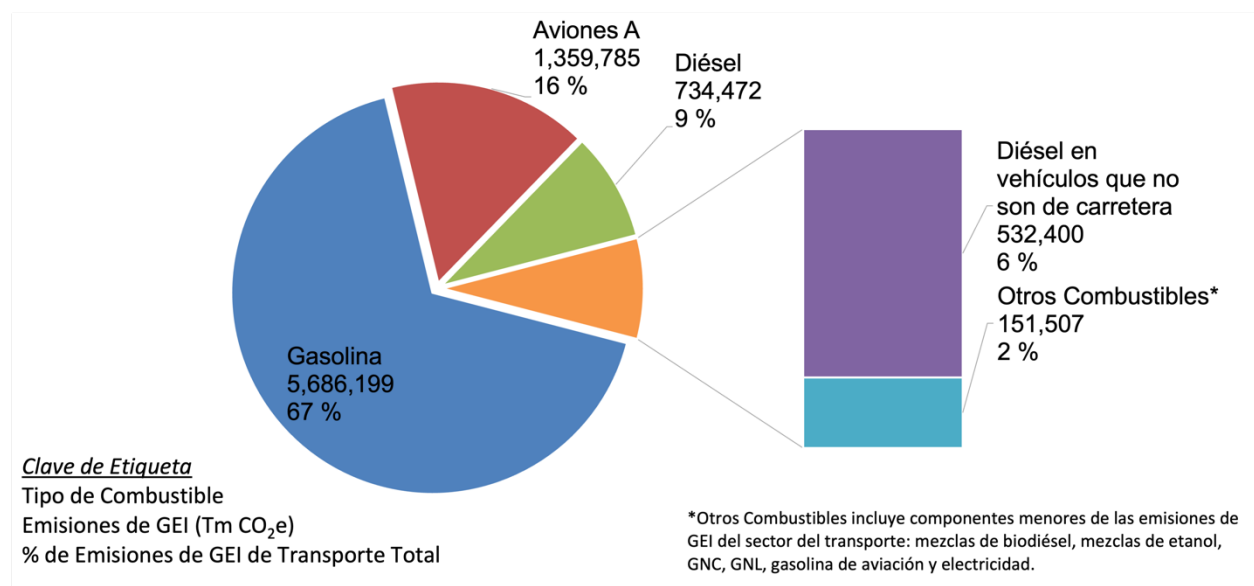


Figura 5. Emisiones de GEI provenientes del sector de transporte por tipo de combustible

¹¹ La Administración de Información Energética de EE. UU. estima que los vehículos ligeros representan el 92 % del consumo de gasolina en los Estados Unidos. Fuente: Administración de Información Energética de EE. UU., 2019. Uso de gasolina (Use of Gasoline). URL: <https://www.eia.gov/energyexplained/gasoline/use-of-gasoline.php>

2.1 Emisiones de GEI de alcance 1 provenientes del transporte

Las emisiones de GEI de alcance 1 provenientes del transporte se producen a partir de la combustión de combustibles fósiles y mezclas de biocombustibles en vehículos para uso en carretera, aviones comerciales y civiles, trenes de carga y vehículos no destinados al transporte, como tractores y equipos de construcción (Tabla 7). Las emisiones de alcance 1 provenientes del transporte se producen por la combustión de gasolina de motor, que ha aumentado desde 2018. La segunda fuente más grande de emisiones de GEI del sector de transporte a escala comunitaria se genera de la aviación comercial, que proviene casi principalmente del Aeropuerto Internacional de Phoenix-Sky Harbor. En 2022, las emisiones de GEI de la aviación comercial se revisaron al alza para todos los años del inventario debido a los datos fuente corregidos de la EIA. Las emisiones de GEI a nivel comunitario provenientes del transporte fuera de carretera, que es la tercera fuente más grande de emisiones de GEI del sector de transporte a escala comunitaria, son resultado de los equipos de construcción, equipos agrícolas y equipos de minería.

Tabla 7. Emisiones de GEI de alcance 1 provenientes del transporte (Tm CO₂e)

Fuentes de alcance 1	2012	2016	2018	2020	2022
Transporte por carretera	5,855	6,441	6,366	5,908	6,492
Vías férreas*	23.5	23.5	23.5	23.5	7.4
Aviación comercial	1,626	1,448	1,495	1,042	1,360
Aviación civil	13.4	11.7	16.2	13.9	9.4
Vehículos no destinados al transporte	293.8	545.8	540.4	585.1	585.1
Total	7,812	8,471	8,441	7,572	8,454

*Las emisiones de GEI de los trenes de carga no se han vuelto a estimar desde el inventario comunitario de 2012 debido a limitaciones con los datos de origen.

El consumo de gasolina representa la mayoría de las emisiones de GEI de alcance 1 provenientes del transporte (Tabla 8). Entre 2012 y 2022, aumentó el consumo de todos los tipos de combustible, excepto el LNG y el biodiésel B20. La flota de vehículos de la Municipalidad de Phoenix, es decir, los autobuses y camiones de basura y reciclaje, es la principal consumidora de LNG y biodiésel B20. Phoenix ha reemplazado el uso de LNG por CNG en la flota de vehículos de la Municipalidad.

Tabla 8. Emisiones de GEI de alcance 1 provenientes del transporte por combustible

Emisiones de GEI de alcance 1 (miles de Tm CO ₂ e)	2012	2016	2018	2020	2022
Gasolina ¹	5,251	5,798	5,709	5,180	5,686
Diésel en vehículos para carretera ¹	529.2	591.1	595.8	645.2	734.5
Biodiésel B20 ¹	24.8	22.1	24.7	35.2	36.7
Etanol E85 ¹	0.38	0.21	0.41	0.44	0.34
Etanol E54 ¹	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00
CNG ¹ – <i>termias</i>	22.6	18.3	33.4	27.5	34.5
LNG ¹ – <i>GGE</i>	27.8	11.3	2.4	19.6	0.0
Combustible para aviones A (aviación comercial) ²	1,626	1,448	1,495	1,042	1,360
Gasolina de aviación (aviación civil) ²	13.4	11.7	16.2	13.9	9.4
Vías férreas**	23.5	23.5	23.5	23.5	7.4
Diésel en vehículos no destinados al transporte ³	148.5	493.9	493.9	525.0	525.0
LPG en vehículos no destinados al transporte ³	145.3	46.4	46.4	54.2	54.2
CNG en vehículos no destinados al transporte ³	0.0	5.5	0.0	6.0	6.0
Total	7,812	8,471	8,441	7,572	8,454

NE: No estimado. Emisiones estimadas del Inventario Nacional de Emisiones de la EPA. Las entradas en cursiva indican datos de actividad estimados del Inventario Nacional de Emisiones de la EPA; **Emisiones estimadas del Inventario Nacional de Emisiones de la EPA y no datos de actividad; Sector de transporte: ¹ Sector de carretera; ²Aviación; ³Transporte fuera de carretera.

2.2 Emisiones de GEI de alcance 2 provenientes del transporte

Las emisiones de GEI de alcance 2 provenientes del transporte son resultado del consumo de electricidad del transporte; específicamente, vehículos eléctricos de batería y el tren ligero de Valley Metro. El consumo estimado de electricidad por las actividades de transporte aumentó un 289 % entre 2012 y 2022, y un 28 % entre 2018 y 2022. Este crecimiento se debe principalmente al aumento en el consumo de electricidad para cargar vehículos eléctricos de baterías, que incrementó más del 2,500 % entre 2012 y 2022. Debido a la reducción de la intensidad de emisiones de GEI de la red eléctrica regional, el crecimiento en las emisiones de GEI relacionadas con los vehículos eléctricos de batería sólo aumentó aproximadamente 1,700 % en el mismo período. Si bien ha habido un crecimiento en el consumo eléctrico del tren ligero de Valley Metro, es un aumento razonable en comparación con el incremento en el consumo eléctrico de los vehículos eléctricos de batería. Las emisiones de GEI relacionadas con el tren ligero de Valley Metro disminuyeron entre 2012 y 2022, a pesar del aumento del servicio, según lo indica el consumo de electricidad (Tabla 9).

Tabla 9. Emisiones de GEI de alcance 2 provenientes del transporte

Datos de actividad de alcance 2 (MWh)	2012	2016	2018	2020	2022
Transporte por carretera	1,269	10,608	18,914	19,907	34,058
Vías férreas (tren ligero)	10,605	12,095	17,157	14,022	12,309
Total	11,874	22,703	36,071	33,929	46,367

Emisiones de GEI de alcance 2 (Tm CO ₂ e)	2012	2016	2018	2020	2022
Transporte por carretera	666	5,048	8,815	7,674	12,039
Vías férreas (tren ligero)	5,568	5,755	7,996	5,406	4,351
Total	6,234	10,803	16,811	13,080	16,391

2.3 Emisiones de GEI de alcance 3 provenientes del transporte

Las emisiones de GEI de alcance 3 provenientes del transporte se producen a partir de las pérdidas de transmisión y distribución en la red eléctrica del estado (Tabla 10). Las emisiones de GEI de alcance 3 provenientes del transporte no están dentro del alcance de nivel de informe BÁSICO del GPC y solamente se presentan con fines informativos. Consulte la sección **Energía estacionaria de alcance 3** para obtener información más detallada sobre la pérdida de T&D en el estado de Arizona.

Tabla 10. Emisiones de GEI de alcance 3 provenientes del transporte

Datos de actividad de alcance 3 (MWh)	2012	2016	2018	2020	2022
Transporte por carretera	47	399	684	833	1,485
Vías férreas (tren ligero)	396	454	620	587	537
Total	443	853	1,304	1,420	2,021

Emisiones de GEI de alcance 3 (Tm CO ₂ e)	2012	2016	2018	2020	2022
Transporte por carretera	47	399	684	833	1,485
Vías férreas (tren ligero)	396	454	620	587	537
Total	443	853	1,304	1,420	2,021

3. Sector de residuos

Emisiones de GEI provenientes del sector de residuos generadas por vertederos de residuos sólidos, compostaje de residuos sólidos orgánicos o verdes y tratamiento de aguas residuales. Las emisiones de GEI del sector de residuos tienen componentes de alcance 1 y alcance 3 (Tabla 12). A diferencia de las emisiones de alcance 3 en los sectores de transporte y energía estacionaria, las emisiones de alcance 3 provenientes de los residuos se incluyen dentro del nivel de informe BÁSICO del GPC. En general, las emisiones de GEI del sector de residuos disminuyeron un 18 % (66,550 Tm CO₂e) entre 2012 y 2022.

Las emisiones de GEI provenientes de los residuos sólidos ocurren dentro (alcance 1) y fuera de los límites de la municipalidad (alcance 3). Si bien hay varios vertederos ubicados dentro de los límites de la municipalidad, estos vertederos están cerrados y ya no aceptan residuos. El último vertedero propiedad de la municipalidad que aceptaba residuos dentro de los límites de la municipalidad cerró en 2006 y el último vertedero de propiedad privada que aceptaba residuos dentro de los límites de la municipalidad, el Vertedero Waste Management Lone Cactus, cerró en 2019. Con el tiempo, estas emisiones disminuirán a medida que desaceleren los procesos biológicos que generan metano. Los vertederos que aceptan residuos que se recogen dentro de los límites de la municipalidad se ubican fuera de los límites de la municipalidad. Estos vertederos incluyen el vertedero de la Ruta estatal 85 (State Route 85, SR-85) propiedad de la municipalidad y vertederos pertenecientes y operados de manera privada.

En 2017, la municipalidad abrió la instalación de compostaje de 27th Avenue. La instalación procesó 39,606 toneladas de composta en el año 2022, lo que resultó en la emisión de 158 Tm CH₄ y 12 Tm N₂O. Las emisiones totales de GEI de la planta de compostaje fueron de 7,585 Tm CO₂e. Si bien existen operaciones de compostaje privadas dentro de la Municipalidad de Phoenix, sus tonelajes de procesamiento y emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas son confidenciales y no están disponibles en este momento.

Las aguas residuales generadas por los residentes de la Municipalidad de Phoenix se tratan en dos plantas: la planta de tratamiento de aguas residuales (Wastewater Treatment Plant, WWTP) de 23rd Avenue y la WWTP de 91st Avenue dentro de los límites de la municipalidad (alcance 1). La WWTP de 91st Avenue se ubica dentro de los límites de Phoenix, es una WWTP regional que también trata las aguas residuales que se generan en Glendale, Mesa, Scottsdale y Tempe. Debido a esto, una fracción de las emisiones de GEI producidas en la WWTP de 91st Avenue se clasifica como "aguas residuales generadas fuera de la ciudad, pero tratadas dentro de la ciudad", que se clasifica como emisión de GEI territorial y no una emisión de GEI de alcance 1. Además, a principios de 2020, el biogás de metano generado en la WWTP de 91st Avenue que se habría sido quemado ha sido capturado y transformado en gas natural renovable para su distribución por parte de una compañía privada.

Tabla 11. Emisiones de GEI del sector de residuos

Emisiones de GEI del sector de residuos (miles de Tm CO₂e)	2012	2016	2018	2020	2022
Emisiones de alcance 1 provenientes de los residuos	248.2	154.2	147.5	138.2	147.4
Emisiones de alcance 3 provenientes de los residuos	115.9	156.3	150.7	144.5	150.1
Total	364.1	310.5	298.1	282.8	297.6

3.1 Emisiones de GEI de alcance 1 provenientes de los residuos

Las emisiones de GEI de alcance 1 provenientes de los residuos incluyen las emisiones de residuos sólidos municipales y aguas residuales generadas y tratadas dentro de los límites de la municipalidad, además de los residuos que se importan a la municipalidad y son tratados (Tabla 12). Las emisiones de GEI territoriales que se generan en la WWTP de 91st Avenue se presentan en la Tabla 12 con fines informativos.

Tabla 12. Emisiones de GEI de alcance 1 provenientes de los residuos

Datos de actividad de alcance 1 (Tm CH ₄)	2012	2016	2018	2020	2022
Eliminación de residuos sólidos generados en la municipalidad	8,425	5,099	4,707	4,471	4,794
Tratamiento biológico de residuos generados en la municipalidad	121.2	82.9	169.7	132.9	143.7
Aguas residuales generadas dentro de la municipalidad	68.97	80.06	79.88	76.76	69.10
Aguas residuales generadas fuera de la municipalidad ⁺	33.28	34.37	36.00	5.00	2.17
Total	8,546	5,182	4,877	4,604	4,938

Tabla 13. Emisiones de GEI de alcance 1 provenientes de los residuos

Datos de actividad de alcance 1 (Tm de N ₂ O)	2012	2016	2018	2020	2022
Tratamiento biológico de residuos generados en la municipalidad	9.09	6.22	12.73	9.96	10.78
Aguas residuales generadas dentro de la municipalidad	17.37	17.87	18.13	18.09	17.89
Aguas residuales generadas fuera de la municipalidad ⁺	12.37	12.50	13.22	13.26	13.66
Total	26.46	24.09	30.86	28.06	28.67

Emisiones de GEI de alcance 1 (miles de Tm CO _{2e})	2012	2016	2018	2020	2022
Eliminación de residuos sólidos generados en la municipalidad	235.9	142.8	131.8	125.2	134.2
Tratamiento biológico de residuos generados en la municipalidad	5.80	3.97	8.12	6.36	6.88
Aguas residuales generadas dentro de la municipalidad	6.53	6.98	7.04	6.94	6.68
Aguas residuales generadas fuera de la municipalidad ⁺	4.21	4.28	4.51	3.66	3.68
Total	248.2	153.7	147.0	138.5	147.8

⁺ Las emisiones de GEI de las aguas residuales que se generan fuera de Phoenix y que se tratan dentro de Phoenix se clasifican como emisiones de GEI territoriales y no se consideran en el total de alcance 1 para las emisiones de GEI comunitarias.

3.2 Emisiones de GEI de alcance 3 provenientes de los residuos

Las emisiones de GEI de alcance 3 provenientes de los residuos se producen a partir de la eliminación de residuos generados dentro de la municipalidad, pero eliminados fuera de ella (Tabla 14). Como se espera que las emisiones de GEI en el vertedero de la SR-85 aumenten, los programas de captura y reutilización de metano pueden convertirse en una forma viable de reducir las emisiones relacionadas con los residuos y disminuir las emisiones de GEI de alcance 1 provenientes de la energía estacionaria generadas a partir de la combustión de gas natural. Además, el desvío de residuos orgánicos a la planta de compostaje de 27th Avenue y otras instalaciones privadas es una posible manera de reducir las emisiones de GEI de alcance 1 provenientes del transporte al reducir los viajes de carga al vertedero de la SR-85. De igual forma, la captura de gas digestor en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (WWTP) de 91st Avenue para su procesamiento y venta como gas natural renovable (Renewable Natural Gas, RNG) por parte de Ameresco, Inc. ha reducido las emisiones de GEI relacionadas con la quema de metano en las WWTP.

Tabla 14. Emisiones de GEI de alcance 3 provenientes de los residuos

Datos de actividad de alcance 3 (emisiones de Tm CH₄)	2012	2016	2018	2020	2022
Eliminación de residuos sólidos generados en la municipalidad pero eliminados fuera de la municipalidad en la SR-85	295	2,147	2,029	2,301	1,931
Eliminación de residuos sólidos generados en la municipalidad pero eliminados fuera de la municipalidad por transportistas privados	3,845	3,435	3,352	2,861	3,431
Total	4,140	5,582	5,381	5,162	5,362

Emisiones de GEI de alcance 3 (miles de Tm CO₂e)	2012	2016	2018	2020	2022
Eliminación de residuos sólidos generados en la municipalidad pero eliminados fuera de la municipalidad en la SR-85	8.3	60.1	56.8	64.4	54.1
Eliminación de residuos sólidos generados en la municipalidad pero eliminados fuera de la municipalidad por transportistas privados	107.7	96.2	93.8	80.1	96.1
Total	115.9	156.3	150.7	144.5	150.1

Apéndice A. Resumen detallado de emisiones de GEI

El Apéndice A contiene tablas que detallan las emisiones de GEI a escala comunitaria de la Municipalidad de Phoenix por cada sector y subsector del GPC.

Tabla A1. Comparación interanual de las emisiones de GEI provenientes de la energía estacionaria

N.º de ref. en el GPC	Alcance	Fuente de emisiones de GEI (Por sector y subsector)	Emisiones de gases de efecto invernadero (toneladas métricas de CO ₂ e)				
			2012	2016	2018	2020	2022
I		Energía estacionaria					
I.1		Edificios residenciales					
I.1.1	1	Emisiones provenientes de la quema de combustible dentro de los límites de la municipalidad	312,298	313,330	283,007	321,480	332,016
I.1.2	2	Emisiones provenientes de la energía suministrada por la red consumida dentro de los límites de la municipalidad	3,781,025	3,625,943	3,469,453	3,135,700	2,858,239
I.1.3	3	Emisiones provenientes de las pérdidas de transmisión y distribución del consumo de energía suministrada por la red	141,216	136,245	125,405	131,215	124,597
I.2		Edificios e instalaciones comerciales e institucionales					
I.2.1	1	Emisiones provenientes de la quema de combustible dentro de los límites de la municipalidad	338,887	366,966	443,139	349,167	386,989
I.2.2	2	Emisiones provenientes de la energía suministrada por la red consumida dentro de los límites de la municipalidad	4,843,892	4,378,864	4,302,529	3,482,420	3,328,587
I.2.3	3	Emisiones provenientes de las pérdidas de transmisión y distribución del consumo de energía suministrada por la red	180,912	164,535	155,517	145,724	145,100
I.3		Industrias manufactureras y construcción					
I.3.1	1	Emisiones provenientes de la quema de combustible dentro de los límites de la municipalidad	86,522	73,622	8,303	72,459	80,308
I.3.2	2	Emisiones provenientes de la energía suministrada por la red consumida dentro de los límites de la municipalidad	0	0	IE	IE	IE
I.3.3	3	Emisiones provenientes de las pérdidas de transmisión y distribución del consumo de energía suministrada por la red	0	0	IE	IE	IE
I.4		Industrias energéticas					
I.4.1	1	Emisiones provenientes de la energía utilizada en las operaciones auxiliares de las centrales eléctricas dentro de los límites de la municipalidad	NO	NO	NE	0	0
I.4.2	2	Emisiones provenientes de la energía suministrada por la red consumida en las operaciones auxiliares de las centrales eléctricas dentro de los límites de la municipalidad	NO	NO	NE	NE	NE
I.4.3	3	Emisiones provenientes de las pérdidas de transmisión y distribución del consumo de energía suministrada por la red en las operaciones auxiliares de las centrales eléctricas	NO	NO	NE	NE	NE
I.4.4	T	<i>Emisiones provenientes de la generación de energía suministrada a la red</i>	868,700	961,869	968,811	1,100,643	774,664
I.5		Actividades agrícolas, forestales y pesqueras					
I.5.1	1	Emisiones provenientes de la quema de combustible dentro de los límites de la municipalidad	68,954	51,758	46,477	45,523	50,454
I.5.2	2	Emisiones provenientes de la energía suministrada por la red consumida dentro de los límites de la municipalidad	IE	IE	IE	IE	IE

N.º de ref. en el GPC	Alcance	Fuente de emisiones de GEI (Por sector y subsector)	Emisiones de gases de efecto invernadero (toneladas métricas de CO ₂ e)				
			2012	2016	2018	2020	2022
I.5.3	3	Emisiones provenientes de las pérdidas de transmisión y distribución del consumo de energía suministrada por la red	IE	IE	IE	NE	NE
I.6		Fuentes no especificadas					
I.6.1	1	Emisiones provenientes de la quema de combustible dentro de los límites de la municipalidad	60	78	74	123	136
I.6.2	2	Emisiones provenientes de la energía suministrada por la red consumida dentro de los límites de la municipalidad	NE	NE	NE	NE	NE
I.3	3	Emisiones provenientes de las pérdidas de transmisión y distribución del consumo de energía suministrada por la red	NE	NE	NE	NE	NE
I.7		Emisiones fugitivas provenientes de la minería, el procesamiento, el almacenamiento y el transporte de carbón					
I.7.1	1	Emisiones provenientes de emisiones fugitivas dentro de los límites de la municipalidad	NO	NO	NO	NO	NO
I.8		Emisiones fugitivas de los sistemas de petróleo y gas natural					
I.8.1	1	Emisiones provenientes de emisiones fugitivas dentro de los límites de la municipalidad	NO	NO	NE	NE	NE

Clave de notación	Definición	Explicación	Color de la clave
IE	Incluido en otra parte	Las emisiones de GEI para esta actividad se estiman y presentan en otra categoría del inventario. La categoría deberá indicarse en la explicación.	Se requieren fuentes para el nivel de informe BÁSICO
NE	No estimado	Las emisiones se producen, pero no han sido estimadas o informadas; la justificación para la exclusión deberá indicarse en la explicación.	Se requieren fuentes para el nivel de informe BÁSICO+
NO	No ocurre	Una actividad o proceso que no se produce o no existe dentro de la municipalidad.	Fuentes incluidas en Otros de alcance 3
C	Confidencial	Emisiones de GEI que podrían causar la divulgación de información confidencial y, por lo tanto, no pueden ser reportadas.	Se requieren fuentes para el informe de las emisiones territoriales
			Emisiones no aplicables






Alcance	Definición
Alcance 1	Emisiones de GEI provenientes de fuentes dentro de los límites de la municipalidad.
Alcance 2	Emisiones de GEI que se producen como consecuencia del uso de electricidad, calor, vapor o refrigeración suministrados por la red dentro de los límites de la municipalidad.
Alcance 3	Todas las demás emisiones de GEI que se producen fuera de los límites de la municipalidad como resultado de las actividades que se llevan a cabo dentro de los límites de la municipalidad.

Tabla A2. Comparación interanual de las emisiones de GEI provenientes del transporte

N.º de ref. en el GPC	Alcance	Fuente de emisiones de GEI (Por sector y subsector)	Emisiones de gases de efecto invernadero (toneladas métricas de CO ₂ e)				
			2012	2016	2018	2020	2022
II		Transporte					
II.1		Transporte por carretera					
II.1.1	1	Emisiones provenientes de la quema de combustible para el transporte por carretera que se producen dentro de los límites de la municipalidad	5,855,292	6,441,344	6,366,019	5,907,783	6,492,232
II.1.2	2	Emisiones de la energía suministrada por la red consumida dentro de los límites de la municipalidad para el transporte por carretera	666	5,048	8,815	7,674	12,039
II.1.3	3	Emisiones provenientes de los viajes transfronterizos que se producen fuera de los límites de la municipalidad, y por pérdidas de transmisión y distribución del consumo de energía suministrada por la red	25	190	319	321	525
II.2		Vías férreas					
II.2.1	1	Emisiones provenientes de la quema de combustible para el transporte por vías férreas que se producen dentro de los límites de la municipalidad	23,545	23,545	23,545	23,545	7,427
II.2.2	2	Emisiones provenientes de la energía suministrada por la red consumida dentro de los límites de la municipalidad para vías férreas	5,568	5,755	7,996	5,406	4,351
II.2.3	3	Emisiones provenientes de los viajes transfronterizos que se producen fuera de los límites de la municipalidad, y por pérdidas de transmisión y distribución del consumo de energía suministrada por la red	208	216	289	226	190
II.3		Navegación por agua					
II.3.1	1	Emisiones provenientes de la quema de combustible para la navegación por agua que se producen dentro de los límites de la municipalidad	NO	NO	NO	NO	NO
II.3.2	2	Emisiones provenientes de la energía suministrada por la red y consumida dentro de los límites de la municipalidad para la navegación por agua	NO	NO	NO	NO	NO
II.3.3	3	Emisiones provenientes de los viajes transfronterizos que se producen fuera de los límites de la municipalidad, y por pérdidas de transmisión y distribución del consumo de energía suministrada por la red	NO	NO	NO	NO	NO
II.4		Aviación					
II.4.1	1	Emisiones provenientes de la quema de combustible para la aviación que se producen dentro de los límites de la municipalidad	1,639,788	1,459,918	1,511,127	1,055,557	1,369,173
II.4.2	2	Emisiones provenientes de la energía suministrada por la red y consumida dentro de los límites de la municipalidad para la aviación	NE	NE	NE	NE	NE
II.4.3	3	Emisiones provenientes de los viajes transfronterizos que se producen fuera de los límites de la municipalidad, y por pérdidas de transmisión y distribución del consumo de energía suministrada por la red	NE	NE	NE	NE	NE

N.º de ref. en el GPC	Alcance	Fuente de emisiones de GEI (Por sector y subsector)	Emisiones de gases de efecto invernadero (toneladas métricas de CO ₂ e)				
			2012	2016	2018	2020	2022
II.5		Transporte fuera de carretera					
II.5.1	1	Emisiones provenientes de la quema de combustible para el transporte fuera de carretera que se producen dentro de los límites de la municipalidad	293,823	545,845	540,359	585,134	585,134
II.5.2	2	Emisiones provenientes de la energía suministrada por la red y consumida dentro de los límites de la municipalidad para el transporte fuera de carretera	IE	IE	IE	IE	IE

Clave de notación	Definición	Explicación
IE	Incluido en otra parte	Las emisiones de GEI para esta actividad se estiman y presentan en otra categoría del inventario. La categoría deberá indicarse en la explicación.
NE	No estimado	Las emisiones se producen, pero no han sido estimadas o informadas; la justificación para la exclusión deberá indicarse en la explicación.
NO	No ocurre	Una actividad o proceso que no se produce o no existe dentro de la municipalidad.
C	Confidencial	Emisiones de GEI que podrían causar la divulgación de información confidencial y, por lo tanto, no pueden ser reportadas.

Color de la clave	
	Se requieren fuentes para el nivel de informe BÁSICO
	Se requieren fuentes para el nivel de informe BÁSICO+
	Fuentes incluidas en Otros de alcance 3
	Se requieren fuentes para el informe de las emisiones territoriales
	Emisiones no aplicables

Alcance	Definición
Alcance 1	Emisiones de GEI provenientes de fuentes dentro de los límites de la municipalidad.
Alcance 2	Emisiones de GEI que se producen como consecuencia del uso de electricidad, calor, vapor o refrigeración suministrados por la red dentro de los límites de la municipalidad.
Alcance 3	Todas las demás emisiones de GEI que se producen fuera de los límites de la municipalidad como resultado de las actividades que se llevan a cabo dentro de los límites de la municipalidad.

Tabla A3. Comparación interanual de las emisiones de GEI de alcance 3 provenientes de los residuos, IPPU, AFOLU y Otras

N.º de ref. en el GPC	Alcance	Fuente de emisiones de GEI (Por sector y subsector)	Emisiones de gases de efecto invernadero (toneladas métricas de CO ₂ e)				
			2012	2016	2018	2020	2022
III		Residuos					
III.1		Eliminación de residuos sólidos					
III.1.1	1	Emisiones provenientes de los residuos sólidos generados dentro de los límites de la municipalidad y desechados en vertederos o basureros abiertos dentro de los límites de la municipalidad	235,889	142,771	131,794	125,195	134,245
III.1.2	3	Emisiones provenientes de los residuos sólidos generados dentro de los límites de la municipalidad y desechados en vertederos o basureros abiertos fuera de los límites de la municipalidad	115,910	156,298	150,665	144,527	150,137
III.1.3	T	<i>Emisiones provenientes de residuos generados fuera de los límites de la municipalidad y desechados en vertederos o basureros abiertos dentro de los límites de la municipalidad</i>	NO	NO	IE	IE	IE
III.2		Tratamiento biológico de residuos					
III.2.1	1	Emisiones provenientes de residuos sólidos generados dentro de los límites de la municipalidad que son tratados biológicamente dentro de los límites de la municipalidad	5,802	3,968	8,125	6,360	6,881
III.2.2	3	Emisiones provenientes de residuos sólidos generados dentro de los límites de la municipalidad, pero tratados biológicamente fuera de los límites de la municipalidad	NO	NO	NE	NE	NE
III.2.3	T	<i>Emisiones provenientes de residuos generados fuera de los límites de la municipalidad, pero tratados biológicamente dentro de los límites de la municipalidad</i>	NO	NO	NE	NE	NE
III.3		Incineración y quema al aire libre					
III.3.1	1	Emisiones provenientes de residuos sólidos generados tratados dentro de los límites de la municipalidad	NO	NO	NE	NE	NE
III.3.2	3	Emisiones provenientes de residuos sólidos generados dentro de los límites de la municipalidad, pero tratados fuera de los límites de la municipalidad	NO	NO	NE	NE	NE
III.3.3	T	<i>Emisiones provenientes de residuos generados fuera de los límites de la municipalidad, pero tratados dentro de los límites de la municipalidad</i>	NO	NO	NE	NE	NE
III.4		Tratamiento y descarga de aguas residuales					
III.4.1	1	Emisiones provenientes de las aguas residuales generadas y tratadas dentro de los límites de la municipalidad	6,534	6,977	7,040	6,944	6,676
III.4.2	3	Emisiones provenientes de las aguas residuales generadas dentro de los límites de la municipalidad, pero tratadas fuera de los límites de la municipalidad	NO	NO	IE	IE	IE
III.4.3	T	<i>Emisiones provenientes de las aguas residuales generadas fuera de los límites de la municipalidad, pero tratadas dentro de los límites de la municipalidad</i>	4,210	4,276	4,512	3,655	3,682
IV		Procesos industriales y usos de productos (IPPU)					
IV.1	1	Emisiones provenientes de procesos industriales que se producen dentro de los límites de la municipalidad	NE	NE	NE	NE	NE
IV.2	1	Emisiones provenientes del uso de productos que se producen dentro de los límites de la municipalidad	NE	NE	NE	NE	NE
V		Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)					

N.º de ref. en el GPC	Alcance	Fuente de emisiones de GEI (Por sector y subsector)	Emisiones de gases de efecto invernadero (toneladas métricas de CO ₂ e)				
			2012	2016	2018	2020	2022
V.1	1	Emisiones provenientes de la ganadería dentro de los límites de la municipalidad	NE	98,951	98,951	98,951	98,951
V.2	1	Emisiones provenientes de la tierra dentro de los límites de la municipalidad	NE	NE	NE	NE	NE
V.3	1	Emisiones provenientes de fuentes agregadas y fuentes de emisiones sin CO ₂ en terrenos dentro de los límites de la municipalidad	NE	NE	NE	NE	NE
VI		Otros de alcance 3					
VI.1	3	Otros de alcance 3	3,001	760	881	946	1,188

Clave de notación	Definición	Explicación	Color de la clave
IE	Incluido en otra parte	Las emisiones de GEI para esta actividad se estiman y presentan en otra categoría del inventario. La categoría deberá indicarse en la explicación.	Se requieren fuentes para el nivel de informe BÁSICO
NE	No estimado	Las emisiones se producen, pero no han sido estimadas o informadas; la justificación para la exclusión deberá indicarse en la explicación.	Se requieren fuentes para el nivel de informe BÁSICO+
NO	No ocurre	Una actividad o proceso que no se produce o no existe dentro de la municipalidad.	Fuentes incluidas en Otros de alcance 3
C	Confidencial	Emisiones de GEI que podrían causar la divulgación de información confidencial y, por lo tanto, no pueden ser reportadas.	Se requieren fuentes para el informe de las emisiones territoriales
			Emisiones no aplicables

Alcance	Definición
Alcance 1	Emisiones de GEI provenientes de fuentes dentro de los límites de la municipalidad.
Alcance 2	Emisiones de GEI que se producen como consecuencia del uso de electricidad, calor, vapor o refrigeración suministrados por la red dentro de los límites de la municipalidad.
Alcance 3	Todas las demás emisiones de GEI que se producen fuera de los límites de la municipalidad como resultado de las actividades que se llevan a cabo dentro de los límites de la municipalidad.

Apéndice B. Energía estacionaria: documentación de gas natural

El Apéndice B describe la recopilación y el procesamiento de información para obtener los datos sobre el consumo de gas natural y calcular las emisiones de GEI provenientes de la combustión de gas natural. El Apéndice B también describe cualquier cambio en las fuentes de datos y metodologías en el inventario de emisiones de GEI a escala comunitaria de 2018.

B.1 Recopilación de datos sobre el gas natural

Las emisiones de GEI provenientes de la energía estacionaria generadas por la combustión de gas natural se producen en edificios residenciales, edificios e instalaciones comerciales e institucionales, industrias manufactureras y de construcción, industrias energéticas, actividades agrícolas, forestales y pesqueras, fuentes no especificadas, emisiones fugitivas provenientes de la minería, procesamiento, almacenamiento y transporte de carbón, y emisiones fugitivas provenientes de los sistemas de petróleo y gas natural. Los datos de consumo de gas natural se obtuvieron de Southwest Gas Corporation (Southwest Gas), que es la única empresa de gas natural que da servicio a la municipalidad. Los datos sobre el gas natural se obtuvieron para cada inventario de emisiones de GEI a medida que se compilaba el inventario.

Se siguió un proceso de solicitud de datos similar para cada uno de los años de inventario de emisiones de GEI. Para 2012 y 2016, Southwest Gas proporcionó datos de consumo en la resolución del código postal para edificios residenciales, edificios e instalaciones comerciales e institucionales, industrias manufactureras y de construcción, industrias energéticas, actividades agrícolas, forestales y pesqueras, y fuentes no especificadas. Para 2018 y 2020, Southwest Gas no proporcionó datos a nivel de código postal. Southwest Gas proporcionó datos sobre el consumo anual total de edificios residenciales, edificios e instalaciones comerciales e institucionales, industrias manufactureras y de construcción, industrias energéticas, actividades agrícolas, forestales y pesqueras, y fuentes no especificadas. Los datos de consumo no estuvieron disponibles durante el ciclo del inventario de 2022. Se desarrolló un modelo de enfoque por conjunto para estimar el consumo en toda la ciudad en 2022 (mencionado en la Sección B.4) y se actualizará con datos reales cuando estén disponibles.

B.2 Procesamiento de los datos sobre el gas natural

Para 2012 y 2016, los datos a nivel de código postal se escalaron al porcentaje de terreno en un código postal que estaba dentro de la municipalidad. Los datos sobre el consumo de gas natural se escalaron únicamente para los códigos postales que contenían una fracción de tierra dentro y fuera de los límites de la municipalidad. Tras la evaluación de seguimiento de los datos sobre el gas natural proporcionados previamente por Southwest Gas, se encontró que esta escalada de los datos sobre el

gas natural conforme al porcentaje de área de un código postal en la Municipalidad de Phoenix no era necesaria. Anteriormente, el consumo de gas natural a nivel de código postal se escalaba por porcentaje de terreno dentro de los límites de la municipalidad. Sin embargo, una revisión de los conjuntos de datos anteriores de 2012 y 2016 encontró que, si un código postal estaba asociado a más de una municipalidad del área metropolitana de Phoenix, el consumo se informaba por cada municipalidad asociada con ese código postal. Para evitar que se informe de parcialmente sobre el consumo de gas natural, ya no se utilizaron los factores de escala por código postal que se habían usado anteriormente. Por esta razón, las emisiones de GEI a escala comunitaria de 2012 y 2016 provenientes de la combustión de gas natural se revisaron a la alza (Consulte la Sección Apéndice A.3).

Con los datos proporcionados por Southwest Gas, se utilizó la siguiente ecuación para calcular las emisiones de GEI provenientes del consumo de gas natural para la generación energía estacionaria.

$$GEI_{NG,i,j,y} = NG_{i,y} \times CF \times EF_{NG,j}$$

Donde, $GEI_{NG,i,j,y}$ = Las emisiones de GEI en toneladas métricas del consumo de gas natural (Natural Gas, GN) de un sector de energía estacionaria (i) por un GEI (j) por un año de inventario de emisiones de GEI (y).

$NG_{i,y}$ = El consumo de gas natural (NG) de un sector de energía estacionaria (i) por un año de inventario de emisiones de GEI (y) en termias.

CF = Factor de conversión para convertir los datos informados en termias a millones de unidades térmicas británicas (million British thermal units, mMBTU).

$EF_{NG,j}$ = El factor de emisiones de GEI provenientes del consumo de gas natural para CO₂, CH₄, N₂O (j).

Finalmente, las emisiones de GEI provenientes del consumo de gas natural se convirtieron a toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente (Tm CO₂e) al multiplicar $GEI_{NG,i,j,y}$ por el potencial de calentamiento global $GWP_{AR5,j}$ y sumar los GEI (j).

B.3 Cambios entre los años de inventario

Como se menciona en la Sección Apéndice B.1, los datos sobre el consumo de gas natural para 2012 y 2016 en el inventario de emisiones de GEI de 2018 no se escalaron a diferencia de los inventarios anteriores de emisiones de GEI de los años 2012 y 2016. A continuación, en la Tabla B1 se muestra una comparación entre el consumo de gas natural escalado (previamente informado) y sin escalar para 2012 y 2016.

Tabla B1. Cambios en las emisiones de GEI por la combustión de gas natural debido a la actualización en los métodos de cuantificación

Año	Uso escalado del gas natural (kilotermias)	Emisiones de GEI escaladas (Tm CO ₂ e)	Uso sin escalar de gas natural (kilotermias)	Emisiones de GEI sin escalar (Tm CO ₂ e)	ΔEmisiones de GEI (Tm CO ₂ e)	% de cambio
2012	122,983	650,267	151,881	806,722	156,455	24 %
2016	128,256	678,147	151,584	805,753	127,606	19 %

El resultado de usar los datos sin escalar sobre el consumo de gas natural aumenta las emisiones totales de GEI provenientes de la energía estacionaria en aproximadamente un 2 % con respecto a los niveles informados de 2012 y 2016.

B.4 Estimación del consumo de gas natural en 2022

Los datos sobre el consumo de gas natural de Southwest Gas en toda la ciudad no estuvieron disponibles durante la recolección de los datos para el inventario y el período de recopilación. Por lo tanto, el consumo de gas natural en toda la ciudad para 2022 se estimó a partir de un conjunto. El modelo de enfoque por conjunto proyectó la proporción entre las entregas de Southwest a los consumidores de Phoenix y todos los consumidores en Arizona para 2022, usando un método de promedio y un método de proyección lineal. Los datos de las entregas totales de Southwest Gas se obtuvieron de la Arizona Corporation Commission y del Formulario 176 de la EIA para los años 2012, 2016, 2018 y 2020, y se resumieron en clases de consumidores residenciales y no residenciales. Los datos previos de Southwest Gas acerca del consumo en todo Phoenix se resumieron en las mismas clases de consumidores. A continuación, se desarrolló la proporción entre las entregas a los clientes de Phoenix y todos los clientes de Arizona (en adelante denominada proporción de entrega de Phoenix o PDR) para las clases de clientes residenciales y no residenciales para los años de inventario anteriores y para ambos conjuntos de datos de origen.

Primero, las proporciones de entrega residencial y no residencial en Phoenix se promediaron durante todos los años de inventario. Este enfoque produjo proporciones promedio de entrega residencial en Phoenix de 20.3 % +/- 1.3 % para los datos de la Arizona Corporation Commission (ACC) y un 20.4 % +/- 1.4 % para las proporciones promedio de entrega no residencial de la EIA en Phoenix de 40.6 % +/- 3.1 % para los datos de la ACC 40.7 % +/- 2.6 % para los datos de la EIA. Después, se desarrolló una simple proyección lineal para hacer la estimación de proporciones de entrega en Phoenix en 2022 a partir de datos históricos de entregas residenciales y no residenciales en Phoenix. Este enfoque produjo proporciones estimadas de entrega residencial en Phoenix de 18.3 % para los datos de la ACC y de 18.2 % para las proporciones promedio de entrega no residencial de la EIA en Phoenix del 41.6 % para los datos la ACC y de 41.6 % para los datos de la EIA. Después, las PDR residenciales desarrolladas a partir de los datos de la ACC promediados (19.3 %) y multiplicados por las entregas residenciales informadas por Southwest Gas a la ACC, y el mismo

proceso se siguió para las PDR no residenciales de la ACC. Después, se siguió el proceso para las PDR desarrolladas para los datos de entrega obtenidos del Formulario 176 de la EIA. Por último, se utilizó un tercer enfoque que utiliza la proporción de consumo de energía promedio, definida como combustión de gas natural dividido entre el consumo de electricidad, para los recuentos residenciales y no residenciales en los años de inventario anteriores. Después de este proceso, se promediaron los resultados de las PDR de la ACC y la EIA y las estrategias de la proporción de consumo de energía para las clases de consumidores residenciales y no residenciales. En general, el consumo no residencial tuvo un nivel más alto de incertidumbre entre las estrategias de estimación (Tabla B2).

Tabla B2. Resultado del proceso de estimación de combustión de gas natural en 2022

Resultado de la estrategia de estimación	Combustión de gas natural estimada en 2022 (termias)	
	Residencial	No residencial
Estrategia de PDR de la ACC	63,170,800	108,088,551
Estrategia de PDR de la EIA	62,585,439	107,345,342
Proporción de consumo de energía eléctrica	61,628,144	94,246,174
<i>Promedio</i>	<i>62,461,461</i>	<i>103,226,689</i>
<i>Desviación estándar</i>	<i>778,765</i>	<i>7,786,227</i>
<i>% de desviación estándar relativa</i>	<i>1 %</i>	<i>8 %</i>

Por último, los datos estimados de entrega no residencial se multiplicaron por la distribución promedio de entrega entre los edificios y las instalaciones comerciales e institucionales; industrias manufactureras y de la construcción; industrias energéticas; actividades agrícolas, forestales y pesqueras; fuentes no especificadas, y entregas a consumidores de transporte.

Apéndice C. Energía estacionaria: documentación de electricidad

El Apéndice C describe la recopilación y el procesamiento de datos para obtener datos sobre el consumo de electricidad y calcular las emisiones de GEI provenientes del consumo de electricidad. Este apéndice también describe cualquier cambio en las fuentes de datos y metodologías en el inventario de emisiones de GEI a escala comunitaria de 2018.

C.1 Recopilación de datos sobre el consumo de electricidad

Las emisiones de GEI provenientes de la energía estacionaria por el consumo de electricidad comprada pueden producirse en edificios residenciales, edificios e instalaciones comerciales e institucionales, industrias manufactureras e instalaciones de construcción, instalaciones de la industria energética, actividades agrícolas, forestales y pesqueras, y fuentes no especificadas.

Los datos sobre el consumo de electricidad para el Inventario de emisiones de GEI de la comunidad se obtuvieron de Arizona Public Service (APS) y Salt River Project (SRP). APS y SRP son las únicas empresas de servicios eléctricos que brindan electricidad a los consumidores dentro de los límites de la municipalidad. Los datos sobre el consumo de electricidad se obtuvieron de APS y SRP para cada inventario de emisiones de GEI a medida que se compilaba el inventario; es decir, los datos de 2012 se recopilaron mientras se realizaba el inventario a escala comunitaria de 2012, los datos de 2016 se recopilaron mientras se realizaba el inventario a escala comunitaria de 2016, los datos de 2018 los datos se recopilaron mientras se realizaba el inventario a escala comunitaria de 2018, los datos de 2020 se recopilaron mientras se realizaba el inventario a escala comunitaria de 2020; y los datos de 2022 se recopilaron mientras se realizaba el inventario a escala comunitaria de 2022.

Tanto APS como SRP tienen instalaciones de generación de electricidad ubicadas dentro del área metropolitana de Phoenix, pero solamente APS tiene una instalación de generación de electricidad dentro de los límites de la municipalidad: la central eléctrica de APS del oeste de Phoenix. La central eléctrica de APS del oeste de Phoenix es una instalación de gas natural de 997 MW ubicada en el suroeste de Phoenix.¹² La central eléctrica de APS del oeste de Phoenix está incluida en el inventario a escala comunitaria de 2020 como fuente de emisiones por la generación de energía suministrada a la red (eGRID). Las emisiones de la central eléctrica de APS del oeste de Phoenix se incluyen en este inventario como un elemento informativo (Apéndice A, n.º de ref. del GPC I.4.4) y no se tabulan como parte del inventario a escala comunitaria según las pautas del GPC. Las emisiones de la central eléctrica de APS del oeste de Phoenix para 2012, 2016, 2018, 2020 y 2022 se obtuvieron del Programa de informes

¹² Pinnacle West Capital Corporation (2019). Informe Anual de 2018 (2018 Annual Report). URL: http://s22.q4cdn.com/464697698/files/doc_financials/annual/2018/Annual-Report_2018_Web.pdf

de gases de efecto invernadero (Greenhouse Gas Reporting Program) a través de la Herramienta de información sobre gases de efecto invernadero a nivel de instalaciones (Facility Level Information on Greenhouse gases Tool, FLIGHT).¹³

Se siguió un proceso de solicitud de datos similar para cada uno de los años de inventario de emisiones de GEI. Para 2012 y 2020, APS proporcionó datos sobre el consumo de los consumidores residenciales, comerciales e industriales en la resolución del código postal. Sin embargo, para 2016, 2018 y 2022, APS solamente proporcionó los datos sobre el consumo total de los consumidores residenciales, comerciales e industriales en los códigos postales asociados con la Municipalidad de Phoenix. SRP únicamente proporcionó el consumo total de los consumidores residenciales y comerciales dentro de la Municipalidad de Phoenix durante todos los años de inventario.

C.2 Procesamiento de los datos sobre el consumo de electricidad

C.2.1 Procesamiento de los datos sobre el consumo de electricidad de APS

Con los datos proporcionados por APS, se utilizó la siguiente ecuación para calcular las emisiones de GEI provenientes del consumo de electricidad generadas por energía estacionaria en 2012 y 2020. Los factores de escalamiento no se usaron para 2022, puesto que los datos fueron específicos para los límites de la municipalidad de Phoenix.

$$GEI_{APS,i,j,scaled,y} = \sum_z EC_{APS,i,z,y} \times SF_{i,z,y} \times CF \times EF_{AZNM,j,y}$$

Donde, $GEI_{APS,i,j,scaled,2012}$ = Las emisiones de GEI escaladas en toneladas métricas de la electricidad comprada a APS para un subsector de energía estacionaria (i) por un GEI (j) por los años de inventario (y) 2012 y 2020.

$EC_{APS,i,z,2012}$ = La electricidad comprada a APS para un subsector de energía estacionaria (i) en el código postal (z) por los años de inventario (y) 2012 y 2020.

$SF_{i,z,y}$ = Factor de escala para el código postal (z) por los años de inventario (y) 2012 y 2020. El factor de escala es el % de terreno en z que se encuentra dentro de los límites de la municipalidad. $SF_{i,z,y}$ oscila entre 0 y 1.

CF = Factor de conversión para convertir kWh a MWh. Si los datos fueron informados en MWh, $CF = 1$. Si los datos fueron informados en kWh entonces $CF = 0.001$.

¹³ Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (2019). Programa de informes de gases de efecto invernadero de la EPA a través de la Herramienta de información sobre gases de efecto invernadero a nivel de instalaciones URL: <https://ghgdata.epa.gov/ghgp/main.do>

$EF_{AZNM,j,y}$ = El factor de emisiones de eGRID¹⁴ para la subregión AZNM para determinar el factor de emisiones de GEI para CO₂, CH₄, N₂O (j) durante el año de informe de eGRID (y).

Los datos de nivel de código postal de APS no estuvieron disponibles para los años 2016 y 2018. Por lo tanto, los datos de 2012 (SF_{2012}) se utilizaron para desarrollar los factores de escala para 2016 y 2018:

$$SF_{APS,2012} = \frac{\sum_{i,z} EC_{APS,i,z,2012} \times SF_{i,z,2012}}{\sum_{i,z} EC_{APS,i,z,2012}}$$

Donde, $SF_{APS,2012}$ = Es el factor de escala general para los datos de APS en el año 2012. Es la proporción entre el total de electricidad comprada a APS dentro de la municipalidad escalada por factores de escala específicos del código postal y la electricidad total comprada sin escalar a APS informada dentro de la municipalidad.

$EC_{APS,i,z,2012}$ = La electricidad comprada a APS para un subsector de energía estacionaria (i) en el código postal (z) para el año de inventario 2012.

$SF_{i,z,2012}$ = Factor de escala para el código postal (z). El factor de escala es el % de terreno en z que se encuentra dentro de los límites de la municipalidad. $SF_{i,z,2012}$ oscila entre 0 y 1.

Por lo tanto,

$$GEI_{APS,scaled,i,j,y} = \sum_z EC_{APS,i,z,y} \times SF_{APS,2012} \times EF_{AZNM,j,y}$$

Donde, $GEI_{APS,scaled,i,j,y}$ = Las emisiones de GEI escaladas en toneladas métricas a partir de la electricidad comprada a APSY para un subsector de energía estacionaria (i) para un GEI (j) durante el año de inventario 2016 o 2018 (y).

$SF_{APS,2012}$ = Es el factor de escala general para los datos de APS en el año 2012. Es la proporción entre el total de electricidad comprada a APS dentro de la municipalidad escalada por factores de escala específicos del código postal y la electricidad total comprada sin escalar a APS informada dentro de la municipalidad.

$EF_{AZNM,j,y}$ = El factor de emisiones de eGRID para la subregión AZNM para determinar el factor de emisiones de GEI para CO₂, CH₄, N₂O (j) durante el año de informe de eGRID (y).

¹⁴ La base de datos eGRID hace un inventario de los atributos ambientales de la generación de energía eléctrica a nivel de central y su efecto en las emisiones liberadas al aire por cada central eléctrica en los Estados Unidos. Phoenix se encuentra en la subregión de Arizona y Nuevo México (AZNM). La Base de Datos Integrada de Recursos de Generación y Emisiones (eGRID), desarrollada por la EPA en colaboración con la Administración de Información Energética (Energy Information Administration, EIA), la North American Electric Reliability Corporation (NERC) y la Comisión Federal Reguladora de Energía (Federal Energy Regulatory Commission, FERC) es una fuente de datos integral sobre las características ambientales de casi toda la energía eléctrica generada en los Estados Unidos. Puede encontrar información detallada en <http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-resources/egrid/index.html>.

Después, los datos sobre el consumo de electricidad para la planta de tratamiento de agua de Lake Pleasant (obtenido del Inventario de emisiones de GEI de las Operaciones del Gobierno de la Municipalidad de Phoenix) se agregaron al total de electricidad de APS para contabilizar su eliminación durante el proceso de escalado. Finalmente, las emisiones de GEI provenientes del consumo de electricidad de APS se convirtieron en toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente (Tm CO₂e) al multiplicar $GEI_{i,j}$ por el potencial de calentamiento global específico de GEI que se encuentra en el informe de evaluación AR5 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) ($GWP_{AR5,j}$).

C.2.2 Procesamiento de datos de SRP

Para cada inventario, SRP proporcionó el consumo total de electricidad residencial, comercial e industrial para las cuentas dentro de los límites de la municipalidad. Como estos datos consistían en titulares de cuentas solo dentro de los límites de la municipalidad, no se aplicó ningún factor de escala a los datos.

Con los datos proporcionados por SRP, se utilizó la siguiente ecuación para calcular las emisiones de GEI provenientes del consumo de gas natural para la generación de energía estacionaria.

$$GEI_{SRPi,j,y} = EC_{SRP,i,y} \times CF \times EF_{AZNM,j,y}$$

Donde, $GEI_{SRP,i,j,y}$ = Las emisiones de GEI en toneladas métricas de la electricidad comprada a SRP para un subsector de energía estacionaria (i) para un GEI (j) durante un año de inventario (y).

$EC_{SRP,i,y}$ = La electricidad comprada a SRP para un subsector de energía estacionaria (i) durante un año de inventario (y).

CF = Factor de conversión para convertir kWh a MWh. Si los datos fueron informados en MWh, $CF = 1$. Si los datos fueron informados en kWh entonces $CF = 0.001$.

$EF_{AZNM,j,y}$ = El factor de emisiones de eGRID para la subregión AZNM para el factor de emisiones de GEI para CO₂, CH₄, N₂O (j) durante el año de informe de eGRID (y).

Finalmente, las emisiones de GEI del consumo de electricidad de SRP se convirtieron en toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente (Tm CO₂e) al multiplicar $GEI_{i,j,y}$ por el potencial de calentamiento global específico de GEI que se encuentra en el informe de evaluación AR5 del IPCC ($GWP_{AR5,j}$).

C.2.3 Emisiones totales de GEI provenientes del consumo de electricidad

Después de calcular las emisiones de GEI provenientes del consumo de electricidad (EC) en los territorios de servicio de SRP y APS, se sumó la siguiente ecuación entre

los sectores del inventario (*i*) y los GEI (*j*) para calcular las emisiones totales de GEI provenientes del consumo de electricidad dentro de los límites de la municipalidad.

$$GEI_{EC,i,j,y} = GEI_{APS,i,j,y} + GEI_{SRP,i,j,y}$$

C.3 Pérdida de transmisión y distribución (Pérdida de T&D)

Las emisiones de GEI por la pérdida de T&D se estimaron utilizando datos obtenidos de la EIA sobre el suministro y la disposición de electricidad de Arizona.¹⁵ Para cada año de inventario, la pérdida de T&D se calcula como la proporción entre las pérdidas estimadas del sistema eléctrico y la diferencia entre la disposición total de electricidad menos el uso directo de electricidad en las centrales eléctricas.

C.4 Cambios entre los años de inventario

APS y SRP han proporcionado los datos sobre el consumo de electricidad de cada uno de los años de inventario (2012, 2016, 2018, 2020 y 2022). Los datos de SRP se proporcionaron como un consumo de electricidad total general para los sectores comercial y residencial dentro de los límites de la municipalidad. Para el inventario a escala comunitaria de 2012, APS proporcionó datos de consumo a nivel de código postal para los sectores comercial, industrial y residencial para los códigos postales asociados con la municipalidad. Un análisis de estos datos mostró que algunos de los códigos postales con mayor consumo informado ocupaban una porción menor en el código postal dentro de la municipalidad. Por ejemplo, en los datos de 2012, el código postal con el mayor consumo total informado ocupaba menos del 1 % de terreno dentro de los límites de la municipalidad y el código postal con el mayor consumo residencial informado ocupaba solo el 30 % del terreno dentro de los límites de la municipalidad.

Para representar este aspecto de los datos, se desarrolló un factor de escala para escalar el consumo de electricidad informado al consumo de electricidad de la municipalidad utilizando el terreno como indicador del consumo de electricidad. Para 2012, se utilizó un solo factor de escala, que era una proporción simple del área total de la municipalidad comparada con el área total de todos los códigos postales para los que se proporcionaron datos. Para el inventario a escala comunitaria de 2016, se utilizó la misma metodología de factor de escala porque el consumo de electricidad informado estaba dentro del 0.5 % de los niveles de 2012. Para el inventario a escala comunitaria de 2018, la metodología de escala se actualizó para los datos de 2012 y luego se aplicó a los datos de 2016 y 2018. En el método actualizado, el consumo de cada código postal se escala según el porcentaje de terreno dentro de la municipalidad; el consumo de electricidad para algunos códigos postales está escalado, pero para otros no, esto debido a que esos códigos postales están completamente dentro de los límites de la municipalidad. El uso de este factor de escala asume que el consumo de electricidad por tipo de consumidor dentro de cada código postal es constante durante

¹⁵ Administración de Información Energética de EE. UU., Formulario EIA-923, Informe de operaciones de centrales eléctricas y formularios anteriores. Administración de Información Energética de EE. UU., Formulario EIA-860, Informe anual de generadores eléctricos. Administración de Información Energética de EE. UU., Formulario EIA-861, Informe anual de la industria de energía eléctrica. Formulario EIA-111, Informe trimestral de importaciones y exportaciones.

el período de informe de 2012 a 2018. Es posible que este enfoque de suposición y escala deba revisarse en futuros inventarios de emisiones de GEI a escala comunitaria. Después de escalar los datos de cada código postal, estos se suman para determinar al consumo de electricidad de la municipalidad. El resultado de este cambio metodológico fue aumentar las emisiones de GEI por consumo de electricidad en 2012 y 2016. El inventario de 2020 pudo seguir el enfoque del inventario de 2012 porque los datos a nivel de código postal estaban disponibles. Los datos de 2022 no se escalaron ya que se solicitaron datos para los límites de la ciudad en lugar de a nivel de código postal.

Tabla C1. Cambios en las metodologías de cuantificación de datos de consumo de electricidad

Año	Antiguo método de escalamiento		Nuevo método de escalamiento		ΔEmisiones de GEI (Tm CO ₂ e)	% de cambio
	Consumo de electricidad de APS	Emisiones de GEI (Tm CO ₂ e)	Consumo de electricidad de APS	Emisiones de GEI (Tm CO ₂ e)		
2012 (kWh)*	6,429,328,231	3,102,482	9,873,891,733	4,764,661	1,662,179	54 %
2016 (MWh)	5,677,762	2,413,206	9,875,762	4,197,472	1,784,266	74 %

* En 2012, los datos se proporcionaron en kWh; en 2016 y 2018, los datos se proporcionaron en MWh.

Apéndice D. Documentación del sector de transporte

Las emisiones de GEI provenientes del sector de transporte son generadas por diversas fuentes y tipos de combustible. Las fuentes de emisiones de GEI incluyen el transporte por carretera, las vías férreas, la aviación comercial, la aviación civil y el transporte fuera de carretera. Los tipos de combustible consumidos son gasolina, diésel, biodiésel B20, etanol E85, gas natural comprimido (CNG), gas natural licuado (LNG), propano (LPG), gasolina de aviación y combustible para aviones A. Las emisiones de GEI provenientes del sector de transporte también incluyen el consumo de electricidad para cargar vehículos eléctricos y para dar energía al tren ligero eléctrico. El Apéndice D describe las fuentes de datos y los métodos por tipo de combustible.

D.1 Procesamiento de datos del sector de transporte

Las emisiones de GEI provenientes del sector de transporte se calculan utilizando una fórmula generalizada.

$$GEI_{i,j,y} = FC_{i,y} \times CF \times EF_{i,j,y}$$

Donde, $GEI_{i,j,y}$ =	Las emisiones de GEI en toneladas métricas de un combustible de transporte (i) para un GEI (j) durante un año de inventario (y).
$EC_{SRP,i,y}$ =	Consumo de combustible de un combustible para el transporte (i) durante un año de inventario (y).
CF =	Factor de conversión para convertir los datos de consumo de combustible a las unidades del factor de emisiones. Un CF solo se usa cuando es necesario y es igual a 1 cuando no es necesario.
$EF_{i,j,y}$ =	El factor de emisiones de GEI en toneladas métricas de un combustible para el transporte (i) para un GEI (j) durante un año de inventario (y).

Finalmente, las emisiones de GEI provenientes del consumo de combustible para el transporte se convirtieron en toneladas métricas de dióxido de carbono equivalente (Tm CO₂e) al multiplicar $GEI_{i,j,y}$ por el potencial de calentamiento global específico de GEI que se encuentra en el informe de evaluación AR5 del IPCC ($GWP_{AR5,j}$).

D.2 Transporte por carretera

D.2.1 Gasolina y diésel

Los datos sobre el consumo de gasolina y diésel del condado de Maricopa se obtuvieron del Departamento de Transporte de Arizona (Arizona Department of Transportation, ADOT) a través de una solicitud de registros públicos. Los datos de galones de gasolina y diésel se informan al ADOT para obtener fondos a través del Fondo de ingresos para usuarios de carreteras (HURF). Los informes históricos de distribución mensual del HURF están disponibles a través del ADOT. Los informes del

HURF del ADOT contienen los datos mensuales de las ventas de gasolina y petróleo (diésel) a nivel de condado.¹⁶ Dado que estos datos incluían a todo el condado de Maricopa, los datos de ventas de gasolina y diésel se escalaron utilizando una proporción de las poblaciones de la Municipalidad de Phoenix y del condado de Maricopa. Según la guía del GPC, la población es un factor de escala aceptable para los datos de actividad dependientes de la población. Se necesitaría un estudio en el futuro para determinar si los comportamientos de conducción difieren según la municipalidad del área metropolitana de Phoenix y de qué manera.

D.2.2 Vehículos de combustible alternativo: biodiésel B20, etanol E85, CNG, LNG

El *Inventario de emisiones de GEI de las Operaciones del Gobierno local de la Municipalidad de Phoenix de 2022* es la principal fuente de datos para el consumo de combustibles alternativos y las emisiones de GEI resultantes dentro de los límites de la municipalidad. Se asumió que las operaciones del gobierno local eran el mayor consumidor de estos combustibles para el transporte dentro de los límites de la municipalidad y que otros usos de combustibles alternativos eran *de minimis*.

D.2.3 Vehículos eléctricos

Se estimaron las emisiones de GEI generadas por los vehículos eléctricos para los inventarios a escala comunitaria de 2012, 2016, 2018, 2020 y 2022. Se utilizaron datos nacionales para estimar el consumo por parte de los vehículos eléctricos ya que no se disponía de datos locales para estimar estas emisiones de GEI. Las estadísticas a nivel nacional sobre el consumo anual de gasolina y el uso de electricidad para el transporte móvil se obtuvieron del Annual Energy Outlook de la EIA. La proporción entre la energía eléctrica para el transporte y la energía del uso de gasolina en los EE. UU. se usó como una representación para estimar el uso residencial de vehículos eléctricos en toda la municipalidad. Las emisiones de GEI provenientes del consumo de electricidad de los vehículos eléctricos se calcularon de acuerdo con el método descrito en el Apéndice C, Sección C.2.2.

D.3 Vías férreas

D.3.1 Tren ligero de Valley Metro

Los datos sobre el consumo de electricidad del tren ligero de Valley Metro se obtuvieron de dos fuentes. La base de datos nacional de tránsito¹⁷ utilizada para todos los años de inventario. La base de datos nacional de tránsito es publicada por el Departamento de Transporte de los EE. UU. y contiene varias estadísticas sobre los sistemas de transporte público en los Estados Unidos, incluido el uso de combustible. El uso de electricidad por parte de Valley Metro se registra como Valley Metro Rail, Inc. en la base de datos nacional de tránsito. La base de datos nacional de tránsito no se

¹⁶ Departamento de Transporte de Arizona. Auditorías e informes archivados. *Fondo de ingresos para usuarios de carreteras* (Highway User Revenue Fund, HURF). URL: <https://azdot.gov/node/5069>.

¹⁷ Departamento de Transporte de EE. UU. La base de datos nacional de tránsito (The National Transit Database). URL: <https://www.transit.dot.gov/ntd>.

había publicado para el año 2018 durante el período en que se compiló el inventario de 2018. Por lo tanto, el consumo de electricidad de 2018 del sistema de tren ligero de Valley Metro se obtuvo a través de una solicitud de registros públicos de Valley Metro.

Para cada año de inventario, el uso total de electricidad de Valley Metro para las operaciones ferroviarias se escaló en función de la proporción de la longitud de las vías del tren ligero dentro de la municipalidad comparada con la longitud total de las vías del tren ligero de Valley Metro. Las emisiones de GEI provenientes del consumo de electricidad del tren ligero de Valley Metro se calcularon de acuerdo con el método que se indica en el Apéndice C, Sección C.2.2.

D.3.1 Trenes de carga

El inventario nacional de emisiones (National Emissions Inventory, NEI)¹⁸ publicado por la EPA de EE. UU. se utilizó para recopilar datos sobre las emisiones de GEI generadas por la actividad de los trenes de carga en el condado de Maricopa. El NEI de 2011 se utilizó como representación para los años 2012, 2016, 2018 y 2020. Para 2022, las emisiones de GEI se actualizaron para reflejar los últimos datos disponibles del NEI sobre las emisiones generadas por los trenes de carga. Consulte el informe del inventario de emisiones de GEI a escala comunitaria de 2016 para obtener un resumen de los métodos para estimar las emisiones de GEI de los trenes de carga.

D.4 Aviación

D.4.1 Aviación comercial

El sistema de datos estatales de energía (State Energy Data System, SEDS) de la Administración de Información Energética (EIA) se utilizó para recopilar los datos anuales sobre el consumo de combustible para aviones A en el estado de Arizona. Después, los datos de las operaciones aeroportuarias del estado de Arizona, los aeropuertos de Phoenix-Sky Harbor y Phoenix Deer Valley se obtuvieron de la base de datos de la red de operaciones (Operations Network, OPSNET) de la Administración Federal de Aviación (Federal Aviation Administration, FAA). Los datos de la OPSNET de la FAA se usaron para calcular la proporción de operaciones aeroportuarias comerciales que ocurrieron en los aeropuertos de Phoenix-Sky Harbor y Phoenix Deer Valley en relación con el estado de Arizona. Una vez que se calcularon estos factores de escala anuales, se multiplicaron por el consumo anual de combustible para aviones A a nivel estatal para llegar al consumo estimado de combustible para aviones A en los dos aeropuertos de Phoenix. Luego, este número se dividió entre dos para tener en cuenta solo los despegues. Cabe señalar que los datos del SEDS de la EIA están sujetos a una revisión interanual. En 2022, se revisaron las emisiones de GEI provenientes de la aviación comercial con las últimas estimaciones de combustible de aviación de la EIA para todos los años de inventario.

¹⁸ Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. Inventario nacional de emisiones (NEI) URL: <https://www.epa.gov/air-emissions-inventories/national-emissions-inventory-nei>.

D.4.2 Aviación civil

El sistema de datos estatales de energía (SEDS) de la Administración de Información Energética (EIA) se utilizó para recopilar los datos anuales sobre el consumo de gasolina de aviación en el estado de Arizona. Después, los datos de las operaciones aeroportuarias del estado de Arizona, los aeropuertos de Phoenix-Sky Harbor y Phoenix Deer Valley se obtuvieron de la base de datos de la red de operaciones (OPSNET) de la Administración Federal de Aviación (FAA). Los datos de la OPSNET de la FAA se usaron para calcular la proporción de operaciones aeroportuarias no comerciales que ocurrieron en los aeropuertos de Phoenix-Sky Harbor y Phoenix Deer Valley en relación con el estado de Arizona. Una vez que se calcularon estos factores de escala anuales, se multiplicaron por el consumo anual de gasolina de aviación a nivel estatal para llegar al consumo estimado de gasolina de aviación en los dos aeropuertos de Phoenix. Luego, este número se dividió entre dos para tener en cuenta solo los despegues. Cabe señalar que los datos del SEDS de la EIA están sujetos a una revisión interanual.

D.5 Transporte fuera de carretera

D.5.1 Diésel en vehículos no destinados al transporte

Los datos de consumo de diésel en vehículos no destinados al transporte (diésel teñido) se obtuvieron a través de una solicitud de registros públicos al Departamento de Transporte de Arizona para obtener los datos sobre las ventas de diésel teñido en el condado de Maricopa. El diésel para vehículos para uso fuera de carretera (teñido) solo se permite para uso en “vehículos y equipos utilizados en la agricultura (cultivos y ganadería), minería y construcción de carreteras”¹⁹ y es ilegal su uso en vehículos de transporte por carretera. Las solicitudes de registros públicos se presentaron en dos momentos diferentes. La solicitud de registros públicos sobre el consumo de diésel en vehículos no destinados al transporte para el año 2016 se presentó en 2017 y los datos se obtuvieron en 2017. Estos datos contenían los flujos de origen y destino de las ventas de diésel teñido, desde la terminal hasta el punto de venta, a nivel de municipalidad para el condado de Maricopa. La segunda solicitud de registros públicos para obtener los datos sobre las ventas de diésel teñido en el condado de Maricopa para 2012 y 2018 (presentada como una única solicitud de registros públicos) arrojó ventas agregadas en el condado de Maricopa para cada año solicitado. Por lo tanto, la proporción de ventas de diésel teñido en Phoenix comparadas con las del condado de Maricopa se utilizó como factor de escala para los datos de 2012 y 2018.

Las emisiones de GEI para el diésel teñido se calcularon utilizando la siguiente ecuación.

$$GEI_{NonRoadDiesel,Phoenix,j,y} = \begin{cases} DyedDiesel_{Gallons,Phoenix,y} \times EF_{diesel,j} & \text{si } y = 2016 \\ DyedDiesel_{Gallons,MaricopaCounty,y} \times SF_{Phoenix,2016} \times EF_{diesel,j} & \text{si } y = 2012, 2018 \end{cases}$$

Donde, $GEI_{NonRoadDiesel,Phoenix,j,y}$ = Las emisiones de GEI del diésel teñido rojo vendido dentro de la municipalidad para un GEI (j) y un año de inventario (y).

¹⁹ Departamento de Transporte de Arizona (2019). Combustible diésel teñido rojo en Arizona (Red-Dyed Diesel Fuel in Arizona). URL: <https://azdot.gov/motor-vehicles/professional-services/fuel-tax-information/red-dyed-diesel-fuel-arizona>.

$DyedDiesel_{Gallons,Phoenix,y}$ =	Los galones de diésel teñido rojo vendidos en surtidores ubicados dentro de la municipalidad en un año de inventario (y).
$EF_{diesel,j}$ =	El factor de emisiones de diésel (EF) para un GEI (j).
$DyedDiesel_{Gallons,MaricopaCounty,y}$	Los galones de diésel teñido rojo vendidos en surtidores ubicados dentro del condado de Maricopa en un año de inventario (y).
$SF_{Phoenix,2016}$ =	La proporción entre el total de galones de diésel teñido rojo vendidos en surtidores ubicados en la municipalidad y el total de galones de diésel teñido rojo vendidos en surtidores ubicados en el condado de Maricopa para el año 2016.

Para 2012 y 2016, los inventarios nacionales de emisiones (NEI) de la EPA de EE. UU. de 2011 y 2014 fueron las fuentes de donde se obtuvieron los datos de las emisiones de GEI provenientes del diésel en vehículos no destinados al transporte, respectivamente. Sin embargo, un análisis de seguimiento mostró que la cantidad de emisiones de CO₂ asociadas con el uso de diésel en vehículos no destinados al transporte informado en el NEI era equivalente al volumen de diésel vendido en 2012 y 2016 en el condado de Maricopa según lo informado por el ADOT. Por lo tanto, se concluyó que hubo un conteo doble de las ventas de diésel n.º 2 para vehículos para uso fuera de carreteras que se incluyeron en las emisiones de GEI provenientes del diésel en vehículos no destinados al transporte en los inventarios de emisiones de GEI a escala comunitaria de 2012 y 2016. Para corregir este conteo doble, se obtuvieron los datos de consumo de diésel teñido rojo para la municipalidad (2016) y para el condado de Maricopa (2012, 2018) del ADOT. El consumo de diésel teñido rojo se usó como una representación de las emisiones de diésel provenientes de vehículos no destinados al transporte porque es ilegal comprarlo para el transporte por carretera. El ADOT proporcionó datos específicos de la municipalidad para el condado de Maricopa para 2016 y datos a nivel de condado para 2012 y 2018, por lo que los datos de 2016 se usaron para escalar los datos a nivel de condado de 2012 y 2018 a nivel de municipalidad. Además, los datos de 2018 se utilizaron como representación para los datos de 2020. Con este método actualizado para estimar el consumo de diésel en vehículos no destinados al transporte, los datos sobre las emisiones de GEI de diésel para vehículos para uso en carretera pueden incluir el diésel comprado para fines no destinados al transporte, pero los datos de las emisiones de GEI del diésel en vehículos no destinados al transporte solamente contienen datos sobre las emisiones de GEI para fines no destinados al transporte.

Tabla D1. Cambios en el consumo de diésel por vehículos no destinados al transporte y las emisiones de GEI

Año	Datos de NEI sobre el uso de diésel en vehículos no destinados al transporte	Ventas de diésel teñido del ADOT	ΔEmisiones de GEI (Tm CO ₂ e)	% de cambio en emisiones de GEI
	Emisiones de GEI (Tm CO ₂ e)	Emisiones de GEI (Tm CO ₂ e)		
2012	1,864,570	148,488	-1,716,082	-92 %
2016	1,992,217	149,749	-1,842,468	-92 %

D.5.2 Otras emisiones de GEI provenientes de combustibles no destinados al transporte

El NEI se utilizó para recopilar datos sobre las emisiones de GEI del consumo de otros combustibles no destinados al transporte en el condado de Maricopa. El NEI de 2011 se utilizó como representación para 2012 y el NEI de 2014 se utilizó como representación para 2016, 2018 y 2020. Otros datos de consumo de combustible para uso fuera de carreteras se escalaron desde el condado de Maricopa hasta el límite de la municipalidad. Estos datos cubren principalmente la combustión de propano para uso no destinado al transporte.

D.5.3 Actualizaciones de las estimaciones de emisiones de GEI provenientes de combustibles no destinados al transporte para 2022

El NEI se utilizó para recopilar datos sobre las emisiones de GEI del consumo de otros combustibles no destinados al transporte en el condado de Maricopa. Las emisiones por combustibles no destinados al transporte se actualizaron para utilizar el NEI de 2017 para el NEI de 2018 y 2020, para ambos años de inventario, 2020 y 2022.

Apéndice E. Documentación del sector de residuos

Las emisiones de GEI provenientes del sector de residuos provienen de numerosas fuentes: residuos sólidos, tratamiento de aguas residuales, procesamiento de composta y transporte y regeneración de carbón activado granulado (Granulated Activated Carbon, GAC). Gran parte de estas emisiones de GEI se producen debido a las operaciones del gobierno local de la municipalidad y, como tal, una descripción de los métodos para calcular estas emisiones de GEI se puede encontrar en el *Inventario de emisiones de GEI de las Operaciones del Gobierno local de la Municipalidad de Phoenix de 2022*.

E.1 Residuos sólidos

Las emisiones de GEI provenientes de los residuos sólidos se producen en vertederos propiedad de y operados por la municipalidad dentro de los límites de la municipalidad, un vertedero perteneciente a y operado por la municipalidad fuera de los límites de la municipalidad, un vertedero de propiedad privada dentro de los límites de la municipalidad y vertederos de propiedad privada fuera de los límites de la municipalidad.

Las emisiones de GEI provenientes de los vertederos propiedad de y operados por la municipalidad se obtuvieron del *Inventario de emisiones de GEI de las Operaciones del Gobierno local de la Municipalidad de Phoenix de 2022*. De los siete vertederos pertenecientes a y operados por la municipalidad, seis están ubicados dentro de los límites de la municipalidad (estos vertederos están cerrados y ya no aceptan residuos), y el único vertedero abierto está ubicado fuera de los límites de la municipalidad. Los nombres de estos vertederos, la fuente de datos, el método de cálculo de las emisiones de GEI y el subsector del GPC se describen en la Tabla E1.

Tabla E1. Documentación de datos y métodos para vertederos propiedad de la municipalidad

Vertedero	Datos de actividad	Fuente	Método	¿Activo?	Subsector del GPC
Skunk Creek	Monitoreo de CH ₄	Municipalidad de Phoenix	LGOP del ICLEI	No	Eliminación de residuos sólidos generados en la municipalidad
27th Avenue	Monitoreo de CH ₄	Municipalidad de Phoenix	LGOP del ICLEI	No	Eliminación de residuos sólidos generados en

					la municipalidad
Del Rio	Monitoreo de CH ₄	Municipalidad de Phoenix	LGOP del ICLEI	No	Eliminación de residuos sólidos generados en la municipalidad
Deer Valley	Monitoreo de CH ₄	Municipalidad de Phoenix	LGOP del ICLEI	No	Eliminación de residuos sólidos generados en la municipalidad
19th Avenue	Monitoreo de CH ₄	Municipalidad de Phoenix	LGOP del ICLEI	No	Eliminación de residuos sólidos generados en la municipalidad
Estes	Modelo LandGEM de la EPA	Municipalidad de Phoenix	Descomposición de primer orden	No	Eliminación de residuos sólidos generados en la municipalidad
SR-85	Monitoreo de CH ₄	Municipalidad de Phoenix	LGOP del ICLEI	Sí	Eliminación de residuos sólidos generados en la municipalidad, pero eliminados fuera de la municipalidad

La Municipalidad de Phoenix solo recolecta residuos sólidos municipales de residencias unifamiliares dentro de los límites de la municipalidad. Los residentes de la municipalidad que viven en viviendas multifamiliares, además de los establecimientos comerciales e industriales, son atendidos por transportistas privados. Hay un vertedero dentro de los límites de la municipalidad, el vertedero Lone Cactus, propiedad de una empresa privada de gestión de residuos. Waste Management, Inc. informa sobre las emisiones de GEI del vertedero Lone Cactus al Programa de informes de gases de efecto invernadero (Greenhouse Gas Reporting Program, GHGRP) de la EPA. Por lo tanto, las emisiones de GEI del vertedero Lone Cactus se obtuvieron de la Herramienta

de información sobre emisiones de gases de efecto invernadero a nivel de instalaciones de la EPA (Tabla E2).

Tabla E2. Documentación de datos para vertederos de propiedad privada

Vertedero	Datos de actividad	Dueño	¿Activo?	Subsector del GPC
Lone Cactus	GHGRP de la EPA	Gestión de residuos	Sí	Eliminación de residuos sólidos generados en la municipalidad
Transportistas privados	GHGRP de la EPA/Población	Múltiples	Sí	Eliminación de residuos sólidos generados en la municipalidad, pero eliminados fuera de la municipalidad

Dado que los residuos sólidos también son recolectados por transportistas privados y eliminados en vertederos de propiedad privada fuera de los límites de la municipalidad, se empleó un método de estimación adicional para calcular las emisiones de GEI provenientes de los vertederos atribuibles a los residuos sólidos generados dentro de la Municipalidad de Phoenix. Primero, las emisiones de GEI per cápita de los residuos sólidos calculadas para el condado de Maricopa. Para hacer esto, todos los datos de las emisiones provenientes de vertederos informados al GHGRP de la EPA dentro del condado de Maricopa se extrajeron de la FLIGHT de la EPA para todos los años de inventario y se convirtieron a una medida per cápita utilizando datos de población obtenidos del censo de EE. UU. y la Municipalidad de Phoenix. A continuación, se estimó la cantidad de residentes que viven en viviendas multifamiliares en la municipalidad utilizando los datos obtenidos de la Encuesta de vivienda estadounidense de la Oficina del Censo de EE. UU. Finalmente, los datos de población se convirtieron a emisiones de GEI utilizando la tasa de emisiones de GEI per cápita, como se muestra en la siguiente ecuación.

$$GEI_{PrivateMSW,y} = \frac{\sum_l GEI_{SW,l,Maricopa,y}}{Pop_{Maricopa,y}} \times \left[\left(1 - \frac{\# \text{ Single Family Detached Housing}}{\text{All Dwellings}} \right)_{PHX MSA,y} \times Pop_{Phoenix,y} \right]$$

Donde, $GEI_{PrivateMSW,y}$ = Las emisiones de GEI provenientes de los residuos sólidos recogidos por transportistas privados (PrivateHaulers) en un año de inventario (y).

$\sum_l GEI_{SW,l,Maricopa,y}$ = Las emisiones totales de GEI informadas por todos los vertederos en el condado de Maricopa, Arizona.

$Pop_{Maricopa,y}$ = La población del condado de Maricopa, Arizona en un año de inventario (y).

$\# \text{ Single Family Detach Housing}$ = El número de unidades de viviendas unifamiliares independientes en el área metropolitana de Phoenix en un año de inventario (y).

$\# \text{ All Dwellings}$ = El número de unidades de viviendas en el área metropolitana de Phoenix en un año de inventario (y).

$Pop_{Phoenix,y}$ = la población de Phoenix, Arizona en un año de inventario (y).

E.2 Tratamiento de aguas residuales

Las emisiones de GEI provenientes del tratamiento de aguas residuales se obtuvieron del *Inventario de emisiones de GEI de las Operaciones del Gobierno local de la Municipalidad de Phoenix de 2022*. Consulte el *Inventario de emisiones de GEI de las Operaciones del Gobierno local de la Municipalidad de Phoenix de 2022* para obtener detalles sobre los datos y el método de monitoreo. A continuación, se presenta una tabla resumen (Tabla E3).

Tabla E3. Documentación de datos para las plantas de tratamiento de aguas residuales

Planta de tratamiento de aguas residuales	Área de servicio	Emisiones de GEI	Fuente de datos	Metodología de emisiones de GEI	Subsector del GPC
23 rd Avenue	Municipalidad de Phoenix	CH ₄ , N ₂ O	Datos de monitoreo de CH ₄ y efluente de la Municipalidad de Phoenix	LGOP del ICLEI	Aguas residuales generadas en la municipalidad
91 st Avenue	Todos o partes de Glendale, Mesa, Phoenix, Scottsdale y Tempe	CH ₄ , N ₂ O	Datos de monitoreo de CH ₄ y efluente de la Municipalidad de Phoenix	LGOP del ICLEI	Aguas residuales generadas en la municipalidad

E.3 Procesamiento de composta

Las emisiones de GEI provenientes del procesamiento de composta se obtuvieron del *Inventario de emisiones de GEI de las Operaciones del Gobierno local de la Municipalidad de Phoenix de 2022*. La municipalidad proporcionó datos sobre el total de toneladas de residuos orgánicos o verdes desviados para ser procesados como composta desde el año fiscal 2005-2006 hasta el año fiscal 2018-2019. Usando estos datos, las emisiones de GEI del compostaje se calcularon de acuerdo con la metodología empleada por la EPA para estimar las emisiones a nivel nacional del compostaje en la Sección 7.3 del *Inventario de emisiones y sumideros de gases de efecto invernadero de EE. UU.: 1990-2022*²⁰ Si bien existen operaciones de compostaje privadas dentro de la Municipalidad de Phoenix, sus tonelajes de procesamiento y emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas son confidenciales y no están disponibles en este momento.

²⁰ EPA de EE. UU. Inventario de emisiones y sumideros de gases de efecto invernadero de EE. UU.: 1990-2017 (Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2017). URL: <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks-1990-2017>

E.4 Transporte y regeneración de GAC

Las emisiones de GEI provenientes del transporte y regeneración de GAC se obtuvieron del *Inventario de emisiones de GEI de las Operaciones del Gobierno local de la Municipalidad de Phoenix de 2022*. La municipalidad proporcionó datos sobre las millas recorridas por los vehículos hasta la instalación de recarga de GAC y la cantidad y el tipo de energía utilizada en la instalación de recarga. Las emisiones de GEI provenientes del transporte y regeneración de GAC se incluyen como Otras emisiones de GEI de alcance 3.