

Agosto de 2019

Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero mediante el reciclaje inclusivo

Elaborado por

Green Partners Ltd., miembro fundador del Grupo RWA

La sección "Introducción al reciclaje inclusivo" fue escrita por

WIEGO

environmental
consulting

Founding member of RWA Group



Índice

1. Introducción	4
1.1. Introducción al reciclaje inclusivo	4
1.2. Contexto sobre emisiones de GEI y mitigación en el sector de residuos	6
1.3. ¿Por qué esta metodología?	8
2. Consideraciones metodológicas	9
2.1. Principios	9
2.2. Inventario de metodologías existentes	10
2.3. Fuentes de emisiones de GEI	12
2.4. Límites físicos y operativos	15
2.5. Cesta de gases de efecto invernadero y contaminantes climáticos	17
3. Cálculo de emisiones de GEI	18
3.1. Emisiones evitadas de sitios de vertido	18
3.2. Emisiones evitadas de transporte	19
3.3. Emisiones evitadas gracias a la sustitución de materias primas vírgenes	21
3.4. Emisiones evitadas debido a una cadena de valor de reciclaje de menor consumo energético	24
3.5. Emisiones evitadas de la quema a cielo abierto	24

TABLA DE

Abreviaturas y siglas

CN	Carbono negro
GEI	Gases de efecto invernadero
GIZ	Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional
HDPE	Polietileno de alta densidad
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
LDPE	Polietileno de baja densidad
RSM	Residuos sólidos municipales
PET	Tereftalato de polietileno
PP	Polipropileno
PVC	Policloruro de vinilo
WIEGO	Mujeres en Empleo Informal: Globalizando y Organizando

1

Introducción

1.1

Introducción al reciclaje inclusivo

Las personas recicladoras reciclan y reutilizan una gran parte de los residuos en el mundo¹. Los pocos estudios² que han intentado documentar los efectos climáticos de las personas recicladoras han demostrado que contribuyen a la reducción de gases de efecto invernadero mediante sus amplias prácticas de reciclaje y reutilización que requieren poca tecnología. Pero a medida que las ciudades crecen y las autoridades gubernamentales enfrentan presión para modernizar los sistemas de gestión de residuos, generalmente se da preferencia a tecnologías con una gran intensidad de carbono y de capital, compañías privadas de gestión de residuos y tecnologías que desplazan a las personas recicladoras.

Como una forma de defender y mejorar sus medios de subsistencia, muchas personas recicladoras de todo el mundo se han organizado en organizaciones de base de miembros (OBM). Existen OBM en diferentes etapas de organización: desde las recién creadas hasta aquellas con complejas estructuras cooperativas apoyadas por movimientos nacionales. El objetivo de organizar a las personas recicladoras es incrementar su nivel de integración a los sistemas formales de gestión de residuos. La incorporación de las personas recicladoras depende del contexto, aunque las dimensiones clave definidas por WIEGO en el estudio EMEI³ incluyen:

1. Consultas amplias y participación empoderada: involucramiento de las personas recicladoras mediante sus representantes como socios plenos en los procesos de negociación; participación planteada como un proceso continuo (mediante plataformas de las partes interesadas);
2. Fortalecimiento del entorno económico: pago por el trabajo de las personas recicladoras o compensación mediante subsidios; esquemas para pagos por los servicios ambientales provistos;

1 Las personas recicladoras recolectan residuos domésticos, comerciales o industriales. Pueden recolectar de contenedores de basura en las calles o en vías fluviales o rellenos sanitarios. Algunas hurgan para cubrir necesidades básicas, otros recolectan y venden reciclables a intermediarias o a negocios. Algunas personas trabajan en centros de acopio o centros de reciclaje, propiedad de las cooperativas o asociaciones de las que son parte. Fuente: <http://www.wiego.org/waste-pickers>

2 Consultar: Vergara, Sintana et al. (2015). *The Efficiency of Informality: Quantifying Greenhouse Gas Reductions from Informal Recycling in Bogotá, Colombia* (La eficiencia de la informalidad: Cuantificación de las reducciones en gases de efecto invernadero por el reciclaje informal en Bogotá, Colombia). *Journal of Industrial Ecology*, vol. 20, núm. 1, febrero de 2016, pp. 107-119. Chintan (2009). *Cooling Agents: An Examination of the role of the Informal Recycling Sector in Mitigating Climate Change* (Agentes de enfriamiento: examen del papel del sector de reciclaje informal en la mitigación del cambio climático), Nueva Delhi: Chintan.

3 Dias, S. and Samson, M. (2016), "Informal Economy Monitoring Study Sector Report: Waste Pickers" (Informe de sector del Estudio de Monitoreo de la Economía Informal: Personas recicladoras), Informe de investigación del EMEI de WIEGO, Manchester

3. Acceso a finanzas: líneas de crédito para equipamiento (balanzas, trituradoras, etc.) y esquemas de microfinanciación;
4. Marco legal: contratos apropiados con estipulación de pago por el servicio ambiental ("tasa de desvío"); leyes y estatutos que reconozcan a las personas recicladoras como actores legítimos;
5. Condiciones de trabajo: provisión de infraestructura para la clasificación, el almacenamiento y el procesamiento; desarrollo de capacidades; brindar apoyo a las OBM para que puedan ingresar a nuevos nichos en la cadena de reciclaje; establecimiento de sistemas de protección social y programas apropiados para abordar riesgos específicos (trabajo infantil, cuidado infantil); mejorar planes para migrar del trabajo en vertederos a cielo abierto a esquemas más seguros (como la inclusión en esquemas de puerta a puerta o de recolección separada); vehículos para la recolección; reconocimiento jurídico (tal como una ley orgánica); estatutos, decretos; compensación por el servicio provisto (pago por la recolección).

La integración de las personas recicladoras puede contar con uno o todos estos componentes y, cuando existe tal integración, el sistema es considerado "inclusivo", aunque el grado de inclusión puede variar de ciudad a ciudad. Un "tipo ideal" de sistema inclusivo, desde la perspectiva de WIEGO, podrá mejorar la posición de las personas recicladoras en la cadena de valor del reciclaje, lo que permitirá añadir valor a los materiales reciclables, el procesamiento de materiales, la autogestión, las condiciones de trabajo digno y la protección social.

Los sistemas de reciclaje inclusivo son producto de un gran trabajo de incidencia por parte de las OBM de personas recicladoras y sus simpatizantes. Esta metodología y la calculadora de emisiones de gases de efecto invernadero conexas se crearon para permitir a las OBM de personas recicladoras y sus aliadas medir las emisiones de gases de efecto invernadero que las personas recicladoras ya ayudan a evitar y usar esos resultados para abogar de manera más efectiva por su inclusión en los sistemas de gestión de residuos. La esperanza de que esta herramienta también ayudará a demostrar que integrar a las personas recicladoras en sistemas más formales mejorará su capacidad de reducir las emisiones de GEI cuando se las compare con proveedores de gestión de residuos que requieren capital intensivo. De este modo, la herramienta también puede utilizarse para ayudar a las organizaciones de personas recicladoras a elaborar estrategias de inclusión con mayor atención a la ecología, lo que les permitirá medir la diferencia en emisiones de gases de efecto invernadero entre los distintos modos de transporte, las tecnologías de clasificación y las preferencias de materiales.

Las OBM de personas recicladoras tienden a estar enraizadas en una ética de inclusión, que exige la maximización del trabajo y, por lo tanto, la distribución de las ganancias entre tanta gente como sea posible. Esto tiene importantes implicaciones para la mecanización de la gestión de residuos. A menudo (pero no

siempre), una mayor integración de los grupos de personas recicladoras denota una mayor mecanización del transporte, la clasificación y el procesamiento de los materiales. Aunque muchos grupos de personas recicladoras aspiran a sistemas más mecanizados y, por tanto, con mayor intensidad de carbono como un método para incrementar la productividad y mejorar la salud y la seguridad en el trabajo, la mayoría de los grupos están dispuestos a mecanizar su trabajo hasta cierto punto. Esto es porque las tecnologías de mecanización presentan barreras para la participación y también reducen la necesidad de trabajo humano. A menudo, los grupos de personas recicladoras están dispuestos a mecanizar su trabajo en cierto modo, pero limitan intencionalmente el grado de mecanización. Por ejemplo, las cooperativas de personas recicladoras en Buenos Aires utilizan clasificación mecánica, pero no están interesadas en adoptar más tecnologías automáticas, como la clasificación óptica, porque reduciría drásticamente la necesidad de trabajo y esto limitaría la inclusión de algunas personas recicladoras.

La limitación de la mecanización dentro de las OBM de personas recicladoras contrasta con la cada vez mayor mecanización y automatización de las empresas privadas de gestión de residuos, que operan con fines de lucro, cuentan con más capital para grandes inversiones y pueden ahorrar cada vez más en costos de trabajo mediante la automatización. Mientras la sociedad tiende a equiparar la modernización del sector de residuos con la mecanización y la automatización, es importante señalar que la creciente mecanización no tiene que ser la finalidad última y que los grupos de personas recicladoras pueden, de hecho, ser más visionarios en este aspecto que las empresas de gestión de residuos con fines de lucro. Abstenerse de mecanizar excesivamente no solo ayuda a maximizar el empleo, sino que también puede evitar emisiones de gases de efecto invernadero (Dias, 2016⁴; ONU-Hábitat, 2010⁵). Esta metodología pretende permitir a los grupos de personas recicladoras respaldar dicha aseveración con datos y asegurar su supervivencia e integración alrededor del mundo a la vez que se cumplen las prioridades estratégicas de las ciudades respecto del medioambiente.

1.2

Información general sobre las emisiones de GEI y su mitigación en el sector de los residuos

El sector de residuos es conocido como un modesto contribuyente a las emisiones de GEI, aportando solo entre el 3 % y 4 % de las emisiones antropogénicas mundiales, 43 % de las cuales proceden de la eliminación de residuos sólidos en vertederos, 51 % de la gestión de aguas residuales y el resto de la incineración y otras fuentes menores⁶ (IPCC, 2014). Las intervenciones en la gestión de residuos tienen un gran impacto en las etapas anteriores y posteriores a la mitigación, por lo que el sector tiene potencial para mitigar aproximadamente entre el 15 % y 20 % de las emisiones si consideramos los efectos en otras etapas anteriores y posteriores, de dichas intervenciones⁷.

El 45 %⁸ de las emisiones globales⁹ surgen de la manera en que fabricamos y utilizamos los productos y la comida. En una economía circular, se retiene el valor de los materiales y de los recursos en la economía tanto como sea posible¹⁰ y estas emisiones pueden reducirse entre un 20 % a un 30 %¹¹.

4 Dias, Sonia Maria. 2016. *Waste Pickers and Cities* (Personas recicladoras y ciudades). En: *Environment & Urbanization - International Institute for Environment and Development (IIED)* (Medioambiente y urbanización: Instituto Internacional de Medioambiente y Desarrollo), vol. 28(2): 375-390.

5 Scheinberg, Anne; Wilson, David y Rodic-Wiersma, Ljiljana. (2010). *Solid Waste Management in the World's Cities* (Gestión de los residuos sólidos en las ciudades del mundo), UN-HABITAT.

6 IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change* (Cambio climático 2014: Mitigación del cambio climático), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, EE. UU.

7 *Global Waste Management Outlook* (Perspectiva mundial sobre la gestión de residuos), 2015

8 IPCC 5th Assessment Report, Working Group III, Mitigation (5.º Informe de Evaluación del IPCC, Grupo de trabajo III, Mitigación), página 399

9 IPCC 5th Assessment Report, Working Group III, Mitigation (5.º Informe de Evaluación del IPCC, Grupo de trabajo III, Mitigación); *United States Environmental Protection Agency* (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, US EPA), datos mundiales de emisiones de gases de efecto invernadero, este 45 % incluye combustibles fósiles quemados en las plantas para obtener energía.

10 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614>

11 <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/tp02.pdf>

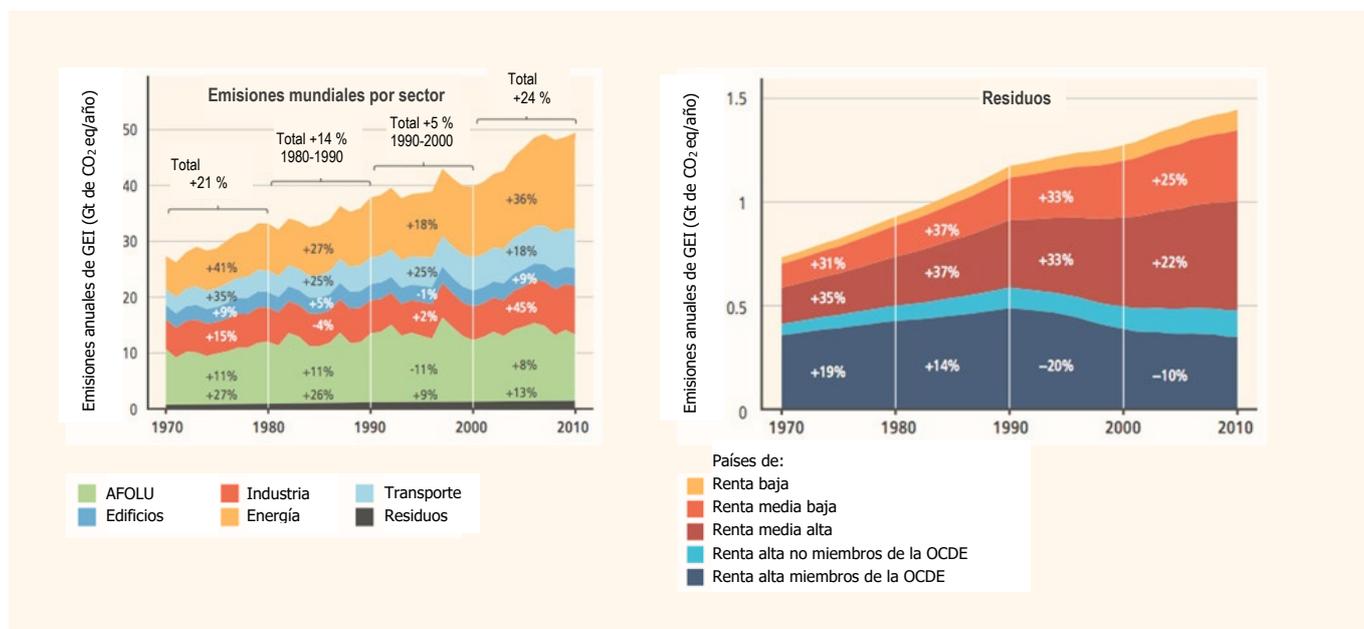


Gráfico 1
Emisiones de GEI por sector (izquierda) y desarrollo de las emisiones de GEI en el sector de residuos (derecha).

Las acciones de mitigación deberían seguir esfuerzos coherentes con la jerarquía en la gestión de residuos, priorizando la prevención, la reutilización, el reciclaje (incluido el compostaje) y la recuperación de energía a partir de residuos. El reciclaje inclusivo, la reparación y la reutilización se encuentran en la parte superior de la jerarquía de gestión de recursos y residuos y, al mismo tiempo, tienen un papel muy importante para alcanzar los objetivos climáticos.

1.3

¿Por qué esta metodología?

El objetivo de la metodología propuesta es permitir una evaluación del reciclaje inclusivo con respecto a la emisión de GEI, que preste especial atención a la especificidad de las actividades en esos sistemas de reciclaje y se base en metodologías e investigación con reconocimiento internacional. Las entidades usuarias de las metodologías son las siguientes:

- ONG internacionales o profesionales de campo que trabajen en el reciclaje inclusivo;
- Gobiernos y organizaciones internacionales que quieran mejorar el reciclaje inclusivo y maximizar los efectos de mitigación; y
- representantes de organizaciones de personas recicladoras.

Aunque la metodología contiene una herramienta accesible para la persona usuaria y con instrucciones integradas, se necesitan habilidades y conocimiento básicos, así como, tal vez, una capacitación antes de utilizarla. Se requiere también una comprensión de la gestión de residuos y de la cadena de reciclaje, conocimiento de las fuentes y los sumideros de emisiones de GEI en el sector de los residuos y en la economía circular, así como habilidades intermedias de Excel.

El presente documento detalla los pasos para establecer la metodología:

- Establecimiento de los principios a los que adhiere la metodología;

- Revisión de la investigación y las metodologías existentes de evaluación de impacto de los GEI, evaluando su idoneidad para el propósito de esta metodología y seleccionando las que serán usadas y adaptadas para evaluar los efectos del reciclaje inclusivo;
- Establecimiento de los límites del sistema, incluidas fuentes de emisiones y sumideros, alcance de las emisiones y de la cesta de gases; y
- Configuración inicial, incluida una discusión sobre la adicionalidad y fuga.

Una vez establecido lo anterior, se explican los métodos de cálculo, los datos de entrada, los parámetros y los factores de emisión para cada fuente de emisión o sumidero.

2

Consideraciones metodológicas

Las fuentes de emisión y sumideros se identifican teniendo en cuenta las actividades típicas de una persona recicladora y explicando claramente todas las suposiciones.

2.1

Principios

Para asegurar que la metodología presenta un recuento verdadero y justo de las emisiones de GEI, procura cumplir con los principios de cuantificación de GEI del Protocolo de GEI:

RELEVANCIA

Esta metodología incluye información para respaldar los procesos de toma de decisiones con respecto a la selección y planificación de una forma de mitigación o la cuantificación del progreso logrado por proyectos específicos durante la fase de implementación o monitoreo.

EXHAUSTIVIDAD

Esta metodología se esfuerza para basarse en información completa, precisa y consistente sobre los residuos y la cuantificación conexas de las emisiones de GEI. Cuando la exhaustividad no sea posible debido a la falta de datos u otras limitaciones, esto se explicó claramente en la metodología.

COHERENCIA

Se necesitan datos comparables para seguir los indicadores de emisiones y reciclaje durante el ciclo de vida del proyecto. La coherencia se refiere a métodos de cuantificación bien establecidos como límites del proyecto, método de cálculo, etc.

TRANSPARENCIA

La información relacionada a las emisiones y cantidades recicladas se

informa de manera transparente para facilitar la reproducción y evaluación. Se utilizan materiales de respaldo, fuentes y suposiciones claramente explicados para que todos los cálculos sean trazables.

PRECISIÓN

Los datos deben ser suficientemente creíbles y debe reducirse las incertidumbres tanto como sea práctico. El nivel de precisión de los datos se establece de manera transparente, incluso en los casos que presenten limitaciones.

La adhesión a estos principios permite que las evaluaciones del efecto de los GEI realizadas con esta metodología sean objetos de auditorías. El nivel de incertidumbre en la cuantificación de GEI en el caso del reciclaje inclusivo es relativamente alto debido a la dificultad general para recopilar datos sobre la gestión de residuos y particularmente en el caso de los sistemas informales de gestión de residuos.

2.2

Inventario de metodologías existentes

Se identificaron y analizaron una variedad de metodologías existentes que evalúan el efecto de los GEI y las actividades relacionadas al sector de la gestión de residuos. En las tablas a continuación se presenta una lista de documentos, directrices, herramientas y materiales de capacitación revisados, en los que se basa esta metodología.

La cuantificación de los gases de efecto invernadero en el sector surgió inicialmente frente a la necesidad de las naciones de medir las emisiones globales de GEI a fin de que pudieran asignarse cuotas vinculantes de reducción a los países en el marco del Protocolo de Kioto. Esto se realizó en función de las metodologías desarrolladas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Tras lo cual, el sistema internacional de comercio de derechos de emisión, establecido bajo dicho protocolo, condujo al desarrollo de evaluaciones de emisiones de GEI en función de proyectos. Simultáneamente, el Protocolo de GEI ha sido líder en la evaluación de efectos de GEI en función de organizaciones, refiriéndose a las mismas metodologías del IPCC. También se desarrollaron herramientas de planificación y de evaluación de escenarios para el sector; sin embargo, ninguna de ellas aborda las intervenciones de reciclaje inclusivo de manera exhaustiva. En la gestión de residuos, las fuentes de emisiones son diferentes según las vías de tratamiento y eliminación de residuos.

Método o herramienta	Propósito o alcance	Fuente	
Inventario nacional de GEI			
1	Directrices del IPCC para el sector de los residuos, de 2006, y su Perfeccionamiento de 2019	El quinto volumen de las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, de 2006, aborda el sector residuos e incluye los siguientes capítulos específicos: eliminación de residuos sólidos (y el modelo de residuos del IPCC en formato Excel), tratamiento biológico de los residuos sólidos, incineración e combustión al aire libre de residuos y tratamiento y eliminación de aguas residuales (y el 4, una herramienta de Excel que hace referencia a la emisión de las últimas 3 categorías). Esta metodología es la base de todas las metodologías posteriores desarrolladas para cuantificar los GEI.	IPCC, 2006, Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 5, Residuos Riita Pipatti (Finlandia) et al. DISPONIBLE EN: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol5.html
2	Estudio de Buenas Prácticas en la preparación de Inventarios de GEI para el Sector Residuos en Países no incluidos en el Anexo I	En su mayoría, en este reporte se indican buenas prácticas y lecciones aprendidas de los inventarios e informes bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) de 16 países según lo requerido por las directrices del IPCC. De este informe se puede obtener información sobre cómo los países recopilan datos sobre las actividades, resuelven problemas de extrapolación y evitan el doble conteo.	Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ, GmbH, en nombre del Ministerio Federal de Medioambiente, Conservación de la Naturaleza, Construcción y Seguridad Nuclear de la República Federal de Alemania, 2015, Berlín, Estudio de Buenas Prácticas en la preparación de Inventarios de GEI para el Sector Residuos en Países no incluidos en el Anexo I DISPONIBLE EN: https://transparency-partnership.net/sites/default/files/u2607/giz_study_waste_sector_esp.pdf
Efecto del proyecto y huella de carbono de organizaciones y asentamientos			
3	Metodologías del Mecanismo de Desarrollo Limpio	Utilizado para la cuantificación de emisiones de proyectos desarrollados con el fin de reducir emisiones. Estas son metodologías rigurosas que se utilizan para verificar y certificar reducciones de emisiones que se comercian en el mercado de comercio de los derechos de emisiones gestionado por la CMNUCC, basado en el Protocolo de Kioto y los acuerdos internacionales posteriores. Por ejemplo, la metodología de obtener créditos por la inversión en una planta de reciclaje de plásticos requiere datos específicos sobre el consumo de energía y combustible de la planta de reciclaje planeada.	Las metodologías de los MDL están disponibles en el sitio web de la CMNUCC: https://cdm.unfccc.int/methodologies/index.html CMNUCC, Mecanismo de Desarrollo Limpio, Metodología de pequeña escala, recuperación y reciclaje de materiales de residuos sólidos, 2018 DISPONIBLE EN: https://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/ISUV2RGC3OQHJXDNE57TWK8L04YMB
4	Herramienta para el sector del Protocolo de GEI	Utilizado por operadoras en la gestión de residuos para medir y monitorear el impacto de sus actividades. Se consideran las emisiones de proceso.	Miembros de las compañías para el Grupo de Trabajo Ambiental: Seche Environment, Suez Environment, Veolia Environment en representación del Protocolo de GEI, 2013, Protocolo para la cuantificación de las emisiones de GEI de las actividades de gestión de residuos y herramienta de cálculo conexas DISPONIBLE EN: https://ghgprotocol.org/sites/default/files/Waste%20Sector%20GHG%20Protocol_Version%205_October%202013_1_0.pdf
5	Protocolo de Emisiones de Reciclaje y Compostaje del ICLEI (Gobiernos Locales por la Sostenibilidad)	Esta herramienta examina el seguimiento de las emisiones a nivel comunitario e incluye las emisiones en etapas anteriores y posteriores de la cadena de emisiones.	ICLEI, Local Governments for Sustainability, 2013 David Allaway et al DISPONIBLE CON REGISTRO EN: http://icleiusa.org/publications/recycling-composting-emissions-protocol/

6	Modelo de Reducción de Residuos, WARM, US EPA	La Agencia de Protección Ambiental (EPA) de EE. UU. creó el Modelo de Reducción de Residuos (WARM) para ayudar a las personas y organizaciones encargadas de la planificación de residuos sólidos a rastrear e informar voluntariamente reducciones en las emisiones de GEI, ahorros de energía y efectos económicos de varias prácticas de gestión de residuos distintas. El WARM calcula y suma estos efectos a partir de prácticas de gestión de residuos de referencia y alternativas: reducción en origen, reciclaje, digestión anaeróbica, combustión, compostaje y eliminación en rellenos sanitarios.	TODA LA DOCUMENTACIÓN DISPONIBLE EN: https://www.epa.gov/warm
7	Calculadora de LandGEM	Este modelo permite calcular el potencial de mitigación para la recuperación de metano en los rellenos sanitarios. Este modelo es útil para estimar ese potencial cuando se recupera CH ₄ . Pueden utilizarse datos para América Latina en el modelo del IPCC.	EPA, 2005, Modelo de Emisiones de Gases de Rellenos Sanitarios (LandGEM), versión 3.02 Manual del usuario disponible en: https://www3.epa.gov/tncatc1/dir1/landgem-v302-guide.pdf CALCULADORA DISPONIBLE EN: http://www.epa.gov/land-research/models-tools-and-databases-land-and-waste-management-research
Efecto de los GEI como criterios para la selección y planificación de escenarios			
8	Herramienta de evaluación de escenarios, GIZ/IFEU	Esta herramienta está diseñada para realizar una comparación rápida entre un escenario de referencia y tres escenarios. No incluye los efectos del sector transporte, pero sí comparaciones de los costos de reducir la contaminación, por lo que es un elemento útil junto al impacto de los GEI.	Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ), Instituto de Heidelberg sobre Energía y Medioambiente (IFEU), Banco Alemán de Desarrollo (KfW), Calculadora de GEI en la gestión de residuos sólidos HERRAMIENTA, MANUAL DE USUARIO Y EJEMPLOS DISPONIBLES EN: https://www.ifeu.de/en/project/tool-for-calculating-greenhouse-gases-ghg-in-solid-waste-management-swm/
9	Herramienta para el sector de residuos Coalición del Clima y Aire Limpio (CCAC)	Esta herramienta se desarrolló para ampliar las fuentes y los tipos de emisiones que se consideran en el sector de residuos a partir de las prácticas comunes, incluidos los contaminantes de vida corta como el carbono negro. Esta herramienta permite a la persona usuaria realizar una evaluación de las emisiones a partir de su situación actual e identificar soluciones alternativas adecuadas (hasta 4 escenarios). Se puede realizar un análisis comparativo entre distintos escenarios para el sector de la gestión de residuos. Esta herramienta utiliza datos específicos por país o región, así como valores predeterminados.	Iniciativa sobre los Residuos Sólidos Municipales de la CCAC / Instituto de Estrategias Ambientales Mundiales (IGES), 2018 Nirmala Menikpura, Premakumara Jagath Dickella Gamaralalage DISPONIBLE EN: https://www.ccet.jp/publications/emission-quantification-tool-eqt-estimation-ghgsslcps-solid-waste-sector

Tabla 1 Fuentes relevantes para evaluar el efecto en GEI del reciclaje inclusivo

emisiones de GEI

2.3

Fuentes de

Lo más importante en términos de fuentes de emisión es lo siguiente:

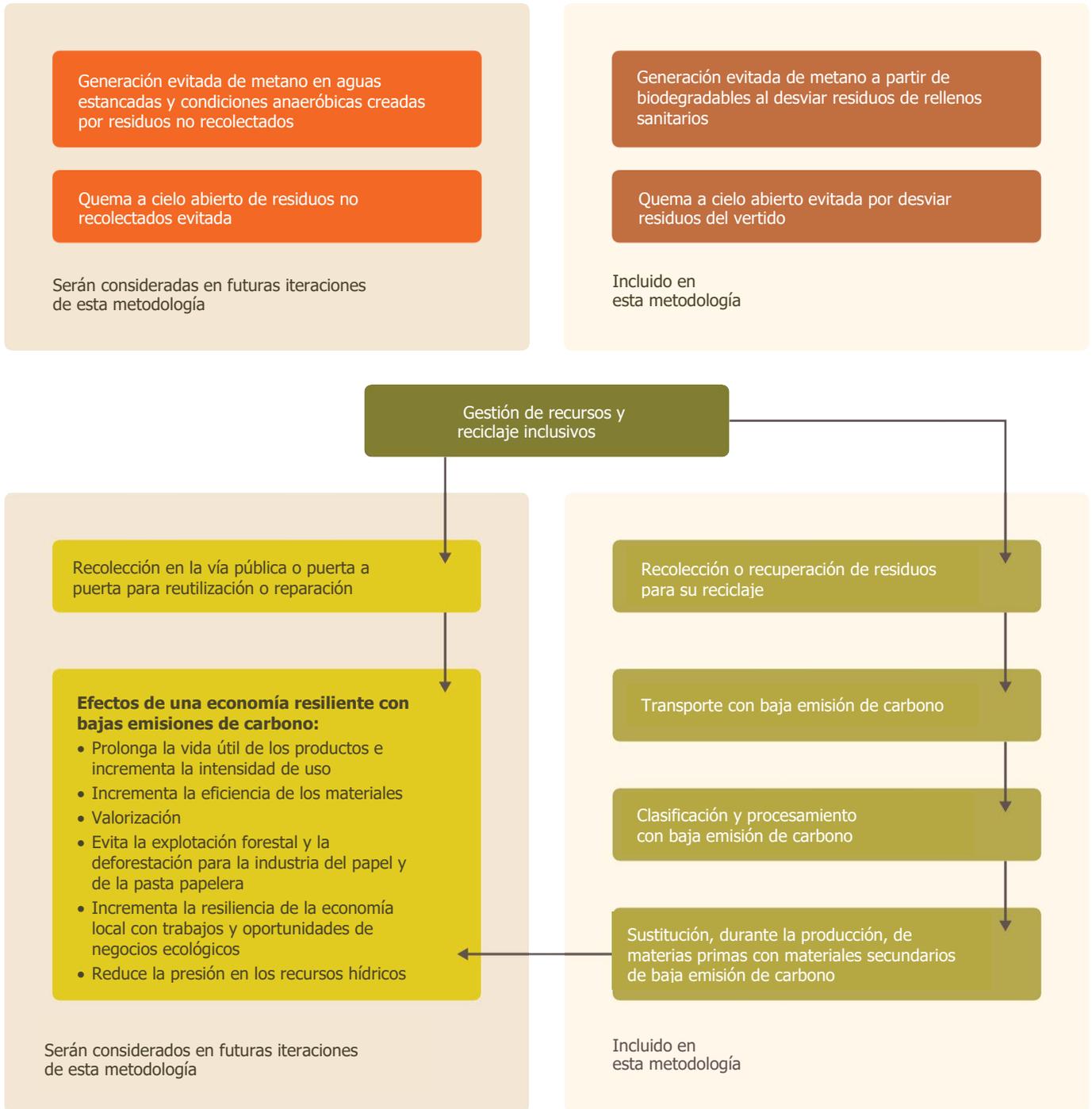
- Generación de metano a partir de la biodegradación del contenido orgánico degradable en los materiales desechados. La biodegradación ocurre a lo largo del tiempo y depende de la composición de los residuos, la temperatura, la humedad y las condiciones aeróbicas o anaeróbicas, entre otros factores;
- Emisiones de carbono negro de la quema a cielo abierto, todavía utilizadas con frecuencia para reducir el volumen de los residuos no recolectados o en los vertederos;

- Gases de efecto invernadero o generados durante los distintos tipos de tratamiento de residuos, ya sea como emisiones de proceso (emisiones difusas) o a partir del consumo de energía.

En términos de mitigación de emisiones, esta se relaciona a las emisiones que se evitan al desviar residuos de los rellenos sanitarios o de sistemas de gestión de residuos inadecuados o inexistentes y a los beneficios climáticos de la gestión de recursos y el reciclaje inclusivos. Esta metodología está formulada de tal manera que toma en cuenta los posibles

beneficios o las prácticas con una baja huella de carbono en el sector informal. El gráfico a continuación muestra las fuentes de mitigación capturadas en la metodología y las que se abordarán en las próximas iteraciones de esta. Luego, se provee una explicación más detallada de las fuentes de mitigación consideradas en esta metodología:

Gráfico 2 Beneficios climáticos de la gestión de recursos y el reciclaje inclusivos.



- **Emisiones evitadas de la biodegradación del contenido orgánico de los residuos en los sitios de vertido**

Mediante el reciclaje de distintos flujos de residuos, ciertos flujos con contenido biodegradable se desvían de los sitios de vertido. Estos materiales incluyen papel y cartón o pueden incluir productos de la madera.

- **Emisiones evitadas de la quema a cielo abierto de residuos sólidos municipales en los sitios de vertido**

Mediante el reciclaje de flujos de residuos, como plásticos, la quema de esos materiales se reducirá en los sitios de vertido. Por lo tanto, se reducirán las emisiones asociadas con la quema a cielo abierto de la fracción fósil de los residuos sólidos municipales. No todos los sitios de vertido utilizan la quema a cielo abierto como una práctica de gestión de residuos; en algunos que son bien gestionados, no ocurren quemas en absoluto, por lo que el efecto de mitigación dependerá del sitio específico de vertido.

- **Emisiones evitadas del transporte**

Durante la recolección y el transporte de los residuos se generan emisiones. En el reciclaje inclusivo, el transporte motorizado puede remplazarse por transporte manual o de tracción animal, casos en que la mitigación ocurrirá.

- **Emisiones evitadas gracias a la sustitución de materias primas vírgenes**

La extracción y la producción de materias vírgenes generalmente tienen un mayor consumo energético que los materiales secundarios que resultan del reciclaje. El reciclaje de distintos tipos de metales reduce las necesidades energéticas en promedio un 90 %, respecto de la energía necesaria para extraer metales.

- **Emisiones evitadas debido al consumo energético en las instalaciones de clasificación y procesamiento**

El reciclaje inclusivo a menudo consume menos energía debido a las prácticas de clasificación manuales, comparado a las instalaciones de clasificación mecanizadas o de alta tecnología.

2.4

Límites físicos y operativos

Los límites físicos y operativos se refieren a las actividades físicas que son parte del sistema de reciclaje inclusivo, que incluirá la evaluación de impacto de las emisiones de GEI. Estos límites se visualizan mejor en un diagrama de flujo que incluye el balance de masa de la totalidad del sistema de gestión de residuos.

Para la calculadora genérica, hemos incluido actividades relacionadas a la recolección, el transporte, la clasificación, el procesamiento y la venta de materiales reciclables. Para ejemplificar se ven un diagrama de flujo y

los límites físicos de un reciclaje mejorado, incluimos la prueba piloto de esta herramienta – realizada en Buenos Aires– en el gráfico a continuación. Los límites físicos y operativos marcados con el fondo más oscuro se consideran parte de los límites físicos del sistema de reciclaje inclusivo en Buenos Aires, realizado por la “Cooperativa Amanecer de los cartoneros (personas recicladoras)”. Las actividades del sector formal están marcadas en recuadros verdes, las actividades de las personas recicladoras que pertenecen a la cooperativa estudiada están marcadas en naranja y otras de sus actividades están marcadas en amarillo.

Como puede observarse en El gráfico, las siguientes actividades se incluyeron en los límites operativos o de proyecto:

- Recolección de materiales secos puerta a puerta y en contenedores municipales, que realizan las personas recicladoras. En total, se recolectan 98 776 toneladas de materiales residuales por año.

- Transporte de 62 146 toneladas de materiales residuales hacia varias actividades en la cadena de reciclaje
- También se encuentran dentro de los límites de proyecto los materiales transformados, clasificados, almacenados y vendidos ya sea en los hogares de las personas recicladoras en el sector informal del reciclaje (PREC en SIR), en los centros de venta municipal de Barracas, o bien en un centro de reciclaje del SIR.

Otras actividades de las personas recicladoras, marcadas en amarillo, no se incluyeron dentro de los límites de proyecto. Aunque estas son parte del sistema de reciclaje inclusivo, el foco de este proyecto en particular eran los límites operativos de la “Cooperativa amanecer de los cartoneros”.

El centro de ventas municipal, marcado en verde, se incluyó en los límites (aunque no lo gestiona la cooperativa) debido a que muchos de los materiales recolectados por sus miembros se venden en dicho centro.

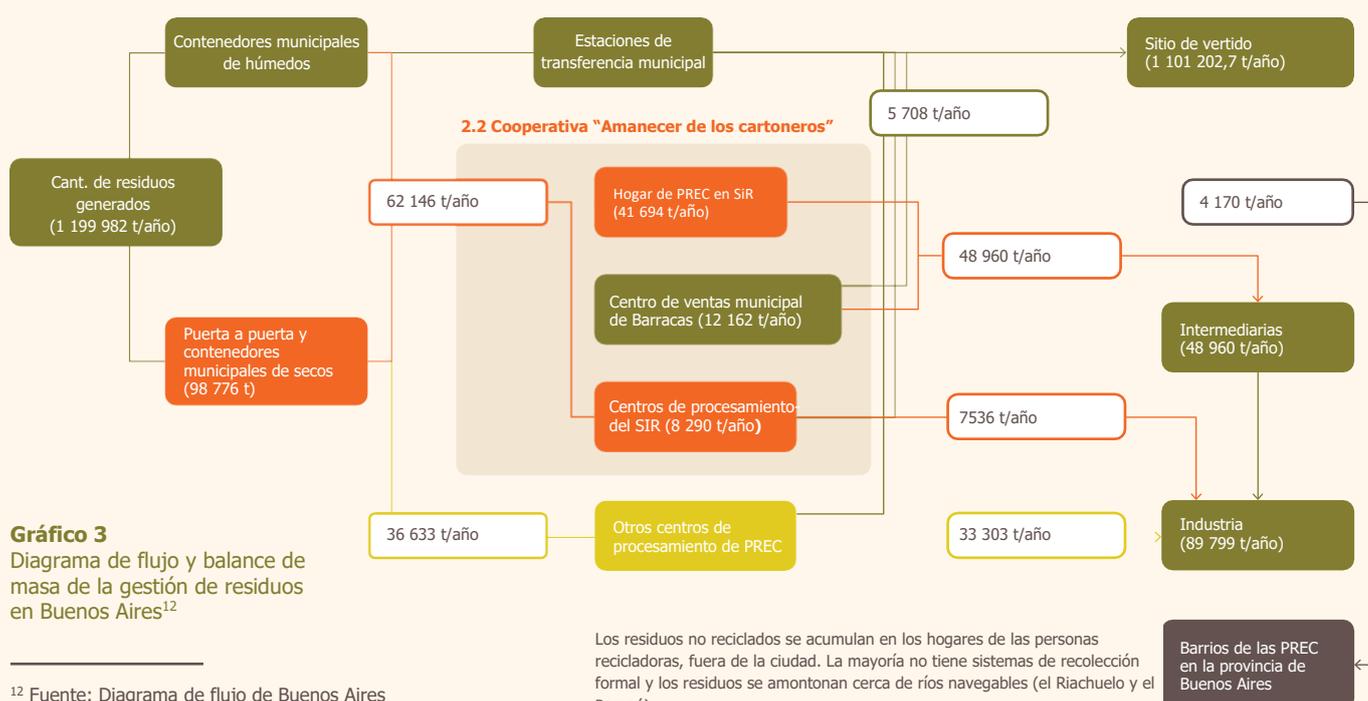


Gráfico 3
Diagrama de flujo y balance de masa de la gestión de residuos en Buenos Aires¹²

¹² Fuente: Diagrama de flujo de Buenos Aires basado en datos obtenidos en el marco de proyecto de WIEGO "Reducción de residuos en ciudades costeras mediante el reciclaje inclusivo", de 2018.

Los residuos no reciclados se acumulan en los hogares de las personas recicladoras, fuera de la ciudad. La mayoría no tiene sistemas de recolección formal y los residuos se amontonan cerca de ríos navegables (el Riachuelo y el Paraná)

2.5

Cesta de gases de efecto invernadero y contaminantes climáticos

La calculadora y la metodología se enfocan en las principales fuentes de mitigación que resultan del reciclaje inclusivo.

Los gases de efecto invernadero incluidos o excluidos de los límites del proyecto se detallan en la tabla a continuación. Se incluye una evaluación más detallada de todas las fuentes de emisión incluidas en la siguiente sección.

Fuente de mitigación	Gas	Incluido/ excluido	Metodología	Justificación
Emisiones evitadas de la biodegradación del contenido orgánico de los residuos en los sitios de vertido	CO ₂	Excluido	No es relevante	Las emisiones de CO ₂ son biogénicas, generadas por la oxidación de la biomasa en los residuos o por la oxidación de metano y, por lo tanto, no se consideran.
	CH ₄	Incluido	Modelo de residuos del IPCC	Esta es una de las principales fuentes de emisiones de GEI en el sector de residuos.
	N ₂ O	Excluido	Modelo de residuos del IPCC	Las emisiones de N ₂ O son bajas comparadas con las de CH ₄ . Excluir este gas es un enfoque conservador, lo que asegura no sobrestimar los resultados de mitigación en esta categoría.
Emisiones evitadas del transporte	CO ₂	Incluido	Directrices de 2006 del IPCC para inventarios nacionales de GEI, Volumen 2, Energía: Combustión móvil	Esta es una fuente de emisiones directa y, allí donde se realice reciclaje inclusivo manualmente o con tracción animal, puede incrementarse la mitigación si se mejora el reciclaje inclusivo.
Emisiones evitadas gracias a la sustitución de materias primas vírgenes	CO ₂	Incluido	Herramienta de GIZ/IFEU (2009); David A. Turner et al (2015) para los factores de emisión	Las emisiones evitadas se calculan de la misma manera en todas las herramientas de análisis de escenarios; los factores de emisión varían. Utilizamos una combinación de GIZ/IFEU (para los residuos plásticos mixtos) y el reciente trabajo de David A. Turner para todos los factores de emisión de materiales específicos.
Emisiones evitadas debido al consumo energético en las instalaciones de clasificación y procesamiento	CO ₂	Incluido	Directrices de 2006 del IPCC para inventarios nacionales de GEI, Volumen 3, Procesos industriales y uso de productos, u otras metodologías	Fuente de emisiones evitadas en la hipótesis de referencia, debido a actividades de clasificación y pre-procesamiento con menor consumo energético en comparación con la clasificación mecanizada.
Emisiones evitadas de la quema a cielo abierto de residuos sólidos municipales en el sitio de vertido	CO ₂	Incluido	Capítulo para el sector de residuos del IPCC sobre incineración y quema a cielo abierto	Aquí se calculan las emisiones de CO ₂ de la quema a cielo abierto del contenido fósil de los residuos.

N ₂ O	Incluido	Capítulo para el sector de residuos del IPCC sobre Incineración y quema a cielo abierto	Las emisiones de N ₂ O ocurren a temperaturas de combustión relativamente bajas. Se generan porque la quema a cielo abierto no es un proceso de combustión controlado. Utilizamos factores predeterminados de la metodología para residuos municipales mixtos.
CH ₄	Incluido	Capítulo para el sector residuos del IPCC sobre Incineración y quema a cielo abierto	Hay emisiones de CH ₄ por la quema a cielo abierto de residuos, debido a la combustión incompleta, y también ocurren algo de biodegradación y emisiones metano.
CN	Incluido	Herramienta de la CCAC	La CCAC es una organización internacional reconocida enfocada a mitigar los contaminantes de vida corta de carbono, entre los que se encuentra el carbono negro. Los factores de emisión para carbono negro se tomaron de esta metodología.

3

Cálculo de las emisiones de GEI

Esta sección de la metodología explica en detalle los cálculos utilizados para estimar las emisiones en cada una de las fuentes de emisiones consideradas. Los cálculos quedan integrados en la calculadora de Excel, que los realiza automáticamente en función de los datos ingresados para las actividades.

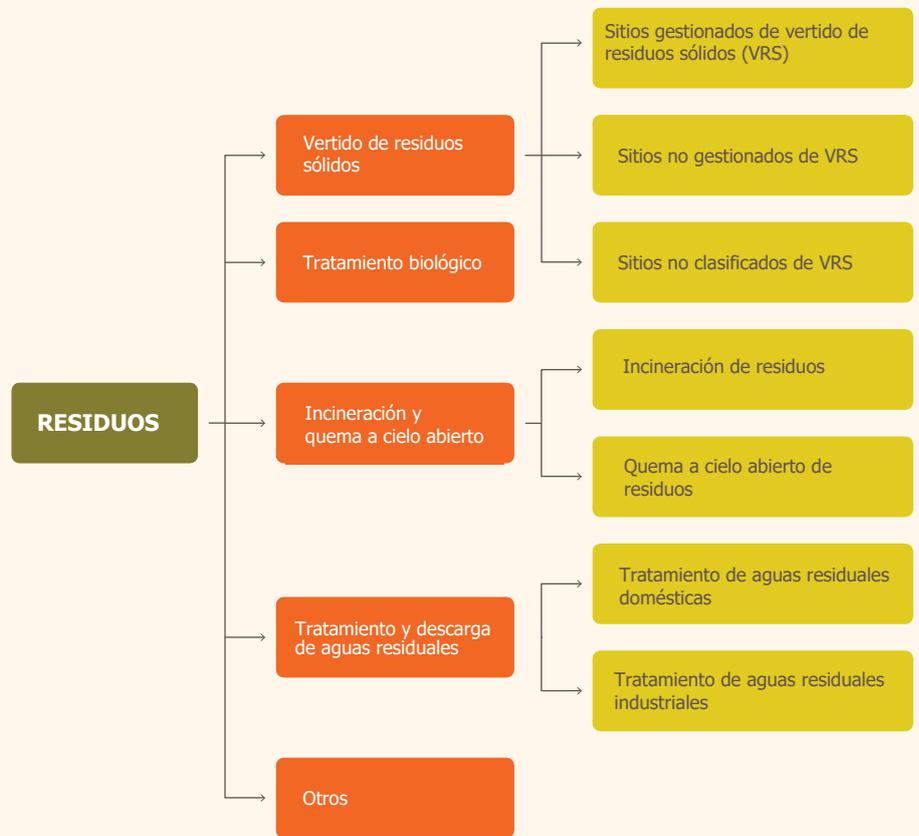
3.1

Emisiones evitadas en los sitios de vertido

El gráfico a continuación muestra las categorías de actividades cubiertas en el inventario de GEI, bajo el sector de residuos, de acuerdo con la metodología del IPCC. Las directrices del IPCC incluyen instrucciones para asignar distintas emisiones a los distintos sectores (residuos, transporte, industria). Estas directrices pueden descargarse en <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>.

Gráfico 4
 Sectores cubiertos por las directrices¹³

¹³ Fuente: Grupo RWA, adaptado de las Directrices de 2006 del IPCC para inventarios nacionales de GEI, Vol. 5, Introducción.

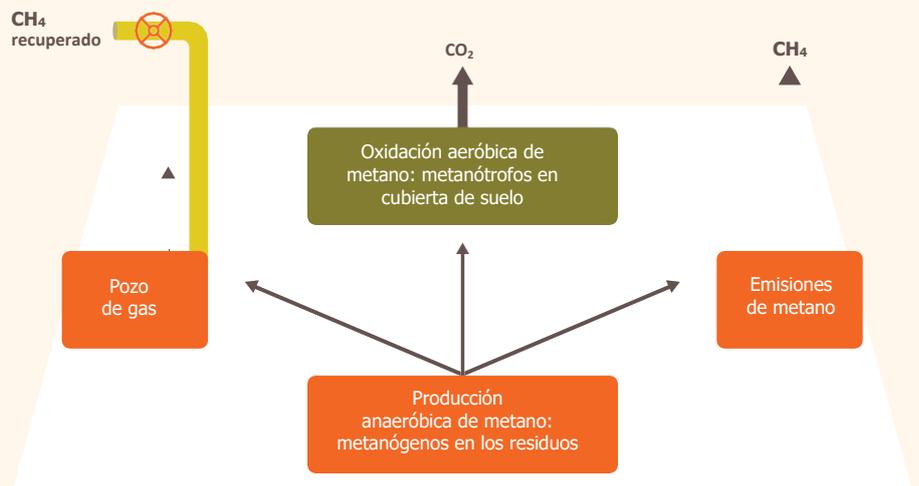


Categorías de vertido de residuos sólidos (VRS) y las emisiones asociadas con este.

La principal trayectoria de las emisiones de GEI de los sitios de vertido es la producción de metano vía la digestión anaeróbica de biodegradables. El metano se oxida en las capas de cobertura, es liberado a la atmósfera o extraído para combustión en antorcha o para recuperar energía.

Gráfico 5
 Trayectorias de emisión de GEI desde rellenos sanitarios¹⁴
 Datos específicos por país necesarios

¹⁴ IPCC, Jean Bogner, Capítulo 10 Gestión de residuos, 4.º Informe de evaluación



Se estiman las emisiones de CH₄ de los sitios de vertido, ya que cualquier residuo desviado de los sitios de vertido por el sector informal reduciría la cantidad de residuos desechados y, por lo tanto, de las emisiones asociadas.

El modelo de residuos del IPPC implementa el método de descomposición de primer orden, tal como se lo presentó previamente, para estimar las emisiones de los sitios de vertido de residuos sólidos. De acuerdo con este método, la tasa de generación de CH₄ depende de la cantidad de CO₂ remanente en los residuos a lo largo de los años que llevan a la lenta descomposición de la fracción orgánica degradable de los residuos.

Existen varias maneras en que el modelo puede usarse para calcular las emisiones de CH₄, que dependen todas del nivel (*tier*) de datos empleado. El método de Nivel 1 utiliza un conjunto de datos predeterminados para todos los parámetros ingresados en el modelo, por lo que no hay necesidad de datos específicos para la actividad en el sitio/país. El Nivel 2 consiste en utilizar datos específicos para el sitio/país en lugar de los valores predeterminados, con lo que se obtiene un cálculo más preciso.

Gráfico 6

Datos específicos por país necesarios para los tres niveles en el modelo de residuos¹⁵

15 Fuente: Grupo RWA

Parámetros de ingreso de datos

	Nivel 1 Valores predet.	Nivel 2 Val. predet. mejorados	Nivel 3 Específicos para el sitio
Región/país	■	■	■
Composición de residuos vs. Datos brutos	■	■	■
COD	■	■	■
rCOD	■	■	■
Tasa de generación de metano	■	■	■
Tiempo de retraso	■	■	■
Factor de oxidación	■	■	■
Parámetros para almacenamiento de carbono	■	■	■
FCM	■	■	■
Distribución de residuos por tipo de relleno sanitario	■	■	■
Población/residuos per cápita/RSM totales	■	■	■
Porcentaje de residuos al sitio de VRS	■	■	■
Composición de residuos	■	■	■
Recuperación de metano	■	■	■

■	Datos específicos por país
■	Datos específicos para el sitio
■	Datos predeterminados

El uso de un de Nivel 3 consistiría en brindar datos específicos para algunos de los parámetros en el modelo. Sin embargo, en la práctica, se dificulta su empleo completo porque requiere datos específicos para el sitio obtenidos a partir de mediciones.

Donde:

Emisiones de CH₄ = CH₄ emisiones emitidas en año T

T = año

x = categoría de residuo o tipo de material

R_T = CH₄ recuperado en un año, T

OX_T = factor de oxidación en año T

Donde:

mCodd = masa de carbono orgánico degradable depositado

mR = masa de residuos depositados

COD = contenido orgánico degradable en el año de vertido

fCOD = fracción de COD degradable

FCM = factor de corrección de CH₄ para la descomposición anaeróbica en el año de vertido

Donde:

L₀ = potencial de generación de CH₄

mCodd = masa de carbono orgánico degradable depositado

F = fracción de CH₄ en gases de relleno sanitario generados

16/12 = cociente del peso molecular CH₄/C (cociente)

El CH₄ se genera en condiciones anaeróbicas como resultado de la degradación del material orgánico.

Emisiones de CH₄ de los sitios de vertido de residuos sólidos

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \left[\sum_x (\text{CH}_4 \text{ generado}_{x,T} - R_T) \right] \times (1 - OX_T)$$

COD descomponible de los datos de residuos vertidos

El potencial de generación de CH₄ puede estimarse en función de la cantidad de residuos, la composición y las prácticas de gestión de residuos en los sitios de vertido. La mCodd es la fracción de carbono orgánico depositado que se degradará bajo condiciones anaeróbicas.

$$mCodd = W \times COD \times COD_f \times FCM)$$

Potencial de generación de metano

$$L_0 = mCodd \times F \times 16/12$$

Con el propósito de realizar los cálculos, se integró la metodología del IPCC de 1996 al modelo, suponiendo que todas las emisiones relacionadas a los residuos desviados en un año dado se evitan ese mismo año. Esta es una simplificación utilizada por muchos modelos que buscan evaluar escenarios para proyectos de mitigación debido a que no hay datos históricos disponibles sobre el vertido de residuos.

3.2

Emisiones evitadas del transporte

La recolección de residuos municipales es responsabilidad de las municipalidades o de gobiernos locales/regionales. El servicio puede organizarse dentro de los ayuntamientos o estos pueden subcontratar operadoras de residuos privados. Las emisiones de la recolección de residuos pueden calcularse tomando en cuenta dos conjuntos de datos: el consumo total de combustible por la operadora o la distancia recorrida por los vehículos.

Emisiones de CO₂

Las emisiones de CO₂ se calculan mejor en función de la cantidad y el tipo de combustible utilizado (considerado igual al combustible vendido) y su contenido de carbono. Dependiendo de la disponibilidad de datos, puede utilizarse el contenido de carbono específico por país (nivel 2) o el contenido de carbono predeterminado (nivel 1).

Nivel 1

Donde:

Emisiones = Emisiones de CO₂ (kg)

Combustible_a = Combustible vendido (TJ)

FE_a = Factor de emisión (kg/TJ) Esto es igual al contenido de carbono del combustible multiplicado por 44/12.

a = Tipo de combustible (por ej., gasolina, diésel, gas natural, gas licuado de petróleo, etc.)

$$\text{Emisiones} = \sum_a (\text{Combustible}_a \times \text{EF}_a)$$

El enfoque de Nivel 2 es similar al del Nivel 1, con la excepción de que utiliza el contenido de carbono del combustible específico por país. La ecuación anterior todavía aplica, pero el factor de emisión se basa en el contenido de carbono real de los combustibles utilizados.

Para los objetivos del moldeo de cálculo, la herramienta de Excel brinda a la persona usuaria datos predeterminados para el consumo de combustible de vehículos de recolección motorizados típicos, en caso de que los datos no estén disponibles para el nivel local. Esto simplifica el uso de la herramienta, ya que los proyectos u organizaciones que la empleen necesitan conocer datos solo respecto de las actividades del proyecto y del transporte motorizado que es reemplazado por personas o tracción animal.

En el caso de los vehículos eléctricos, las emisiones de CO₂ se calculan en función de la cantidad de electricidad utilizada cada 100 km y el factor de emisión específico para el país para producir esa electricidad.

Tipo de combustible	Predeterminado (kg/TJ)	IC del 95 %, inferior	IC del 95 %, superior
Gasolina de automoción	69 300	67 500	73 000
Gasóleo (Fuelóleo)/Diésel	74 100	72 600	74 800
Gases licuados de petróleo	63 100	61 600	65 600
Queroseno	71 900	70 800	73 700
Lubricantes ^b	73 300	71 900	75 200
Gas natural comprimido	56 100	54 300	58 300
Gas natural licuado	56 100	54 300	58 300

Fuente: Cuadro 1.4 Factores de emisión de CO₂ por defecto para la combustión, Capítulo Introducción, Volumen 2 Energía, Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI.

Notas:

^a Los valores representan una oxidación del 100 % del contenido de carbono del combustible. IC=Intervalo de confianza

^b Consulte el Recuadro 3.2.4. Lubricantes en la combustión móvil, Capítulo 3 Combustión móvil, Volumen 2 Energía, Directrices del IPCC, para una guía del uso de lubricantes.

Tabla 4:

Factores predeterminados de emisión de CO₂ para transporte terrestre y rangos de incertidumbre^a

3.3

Emisiones evitadas gracias a la sustitución de materias primas vírgenes mediante el reciclaje

Convertir los residuos en recursos es un clave de la economía circular. En el caso de la refabricación, reutilización y reciclaje, podemos transitar a una economía más circular en la que los residuos de una industria se convierten en las materias primas de otra y los recursos se emplean de manera eficiente y sostenible. El reciclaje inclusivo contribuye a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero indirectamente al canalizar materiales hacia el reciclaje; materiales que, en caso contrario, serían extraídos y procesados. La tabla a continuación presenta el impacto potencial de reciclar distintos materiales. Los factores muestran el potencial de mitigación para cada material reciclado frente a la extracción y el procesamiento de materias primas nuevas. Estos factores se calculan como una diferencia entre las emisiones generadas por la extracción, el transporte y el procesamiento de materias primas vírgenes y la recolección, la clasificación y el reciclaje de materiales secundarios.

Los factores de emisión son el resultado de analizar conjuntos cada vez más grandes de datos provenientes de grupos de estudios de caso. Los factores de emisión diferirán entre sí dependiendo del consumo energético de la cadena de valor en la producción de las materias primas vírgenes y del consumo energético en la cadena de valor de reciclaje de un estudio de caso dado. Es posible que las diferencias entre los distintos estudios de caso se deban a varios aspectos: distancias en la logística, los tipos de combustibles utilizados en el transporte, la mezcla energética para generar electricidad en un país específico y el factor de emisión conexo, el consumo energético de la extracción, el procesamiento, las líneas de producción, la tecnología específica utilizada, etc. Sin embargo, estos estudios evalúan grupos cada vez más grandes de estudios de caso y los datos son suficientes para llegar con confianza a una conclusión general: el reciclaje tiene un menor consumo energético que la extracción y producción de materias primas vírgenes.

Elegimos utilizar los datos disponibles más recientes para los factores de emisión del trabajo de investigación de David A. Turner, et al., ya que este echa mano del grupo más vasto de estudios de caso y brinda factores de emisión desglosados por material. También empleamos el factor de emisión predeterminado para residuos municipales mixtos del trabajo de GIZ/IFEU, ya que se trata de una referencia internacional ampliamente utilizada en países fuera de la UE y en países desarrollados; aceptada asimismo por instituciones que financian la lucha contra el cambio climático.

Reciclar es cualquier reprocesamiento de materiales residuales en un proceso de fabricación que los desvía del flujo de residuos, excepto su reutilización como combustible. Para los fines de este proyecto, el reciclaje se define como cualquier actividad mediante la cual se desvían materiales del flujo de residuos hacia cadenas de valor de reciclaje, donde el destino final deseado es una planta de reciclaje; y el producto resultante, materia prima secundaria.

Material/Fuente	AEA Technology, 2001	EPA, 2006	ADEME, 2007	Prognos, 2008 para 2004	CE Delft, 2007	BIR, 2008	GIZ, 2009	David A. Turner, 2015	Fraunhofer, 2008 para 2007	Oko-Institut /IFEU, 2010 para 2006	Herra mien- tas de IFEU, 2011, 2010	ETC/SCP para EEA, 2011
Papel y cartón												
Papel	0,6			0,84	1,296	0,000	820	459				
Papel/cartón								120	94	674	820	564
Cartón corrugado		3,43										
Revistas		3,38										
Diarios		3,08										
Papel de oficina		3,14										
Directorio telefónico		2,93						117				
Libro de texto		3,43						117				
Cartón mixto		3,9										
Papel mixto residencial		3,9										
Cartón de empaque			-0,22									
Papeles gráficos			0									
Papeles especiales e higiénicos			0,07									
Plásticos												
PE			1,39									
PE/PP				0,16				1 184	1 194			
HDPE	0,491	1,53			1,098			1 149				
LDPE		1,86						972				
PET	1,761	1,7	2,01	1,64	1,271			2 192	2 538			
PS				1,7								
PVC				0,74				1 549				
Plásticos mixtos		1,64					414	1 024	416			
Vidrio												
VIDRIO	0,253	0,31	0,45	0,18	0,321		480	314	170	465	480	159
Metales ferrosos												
METALES FERROSOS	1,487		1,57			0,97						3 220
Acero				1			2025					
Latas de acero		1,97						862				
Hierro									856	945	2 025	
Metales no ferrosos												
Aluminio	9,074		7,11	11,1		3,54	11 100	8 143	9 872	9 307	11 100	
Latas de aluminio		14,96						8 143				
Cobre				1,18		0,81			3 522			
Cables de cobre		5,42	1,13									
Níquel						1,9						
Estaño						2,15						
Zinc						1,8						
Plomo			0,68			1,61						
Textiles												
Textiles	3,17			2,818	2,919		2 818	3 376			2 818	1 728
Caucho												
Neumáticos		2,01						6 36				
Goma/Caucho/Hule				1,8								

Tabla 5:

Factores de emisiones evitadas para distintos materiales, kg de CO₂eq por tonelada de residuos

Así, las necesidades en cuanto a datos para implementar el cálculo de la mitigación de las emisiones en esta categoría incluyen:

Cantidad total de residuos capturados que se pretende reciclar en la cadena de reciclaje inclusivo.

Un desglose de los materiales presentados supra por flujos es benéfico y puede resultar en mejores estimaciones.

En la fase de recopilación de datos no siempre es posible determinar si todo el material que pretende reciclarse será reciclado en realidad. En esta metodología suponemos que será así.

De igual forma, para los fines de esta metodología, la tasa de reciclaje no es el dato de entrada relevante, en su lugar se utiliza las toneladas de materiales reciclados como resultado del proyecto de intervención, es decir el escenario de mayor reciclaje inclusivo. Esto es así porque no buscamos calcular la mitigación lograda a nivel de un asentamiento, sino desde el punto de vista de una organización o de un proyecto que mejora el reciclaje inclusivo.

Cabría mencionar que esta metodología solo tiene en cuenta materiales recuperados para reciclaje, a pesar de que algunos de ellos son en realidad reutilizados y no reciclados. La reutilización de materiales evita más emisiones de gases de efecto invernadero que el reciclaje, por lo que considerar la reutilización como reciclaje nos permite una estimación conservadora de la cantidad de emisiones evitadas de gases de efecto invernadero. A la larga, esta metodología podría adaptarse para tomar en cuenta la reutilización y el reciclaje de manera separada.

3.4

Emisiones evitadas debido a una cadena de valor de reciclaje de menor consumo energético

Aunque no siempre es el caso, las actividades de clasificación en el reciclaje inclusivo a menudo tienen un menor consumo energético en comparación con los procesos mecánicos, o pueden ser totalmente manuales. Los factores de emisión que muestra la Tabla 5 reflejan el potencial de mitigación del reciclaje logrado mediante procesos mecánicos. Al reemplazar estos últimos por una clasificación manual, hay más posibilidades de mitigación. Como resultado, los procesos de emisiones relacionados con la clasificación de residuos deben determinarse y tenerse en cuenta.

Se identificará y seleccionará una metodología una vez que ofrezca, durante las actividades de recopilación de datos, una definición clara de las actividades de clasificación y preprocesamiento. En función de las fuentes de emisión potenciales, si las hubiera, se seleccionará una metodología apropiada. Examinaremos las Directrices del IPCC sobre procesos industriales y uso de productos como una posible metodología para evaluar las emisiones evitadas de la clasificación y el preprocesamiento, de menor consumo energético.

En caso de que no haya datos específicos disponibles sobre la planta de procesamiento en el sistema de reciclaje formal ni un caso de estudio de una ciudad o asentamiento cercano o similar, sugerimos omitir esta sección en los cálculos.

3.5

Emisiones evitadas de la quema a cielo abierto

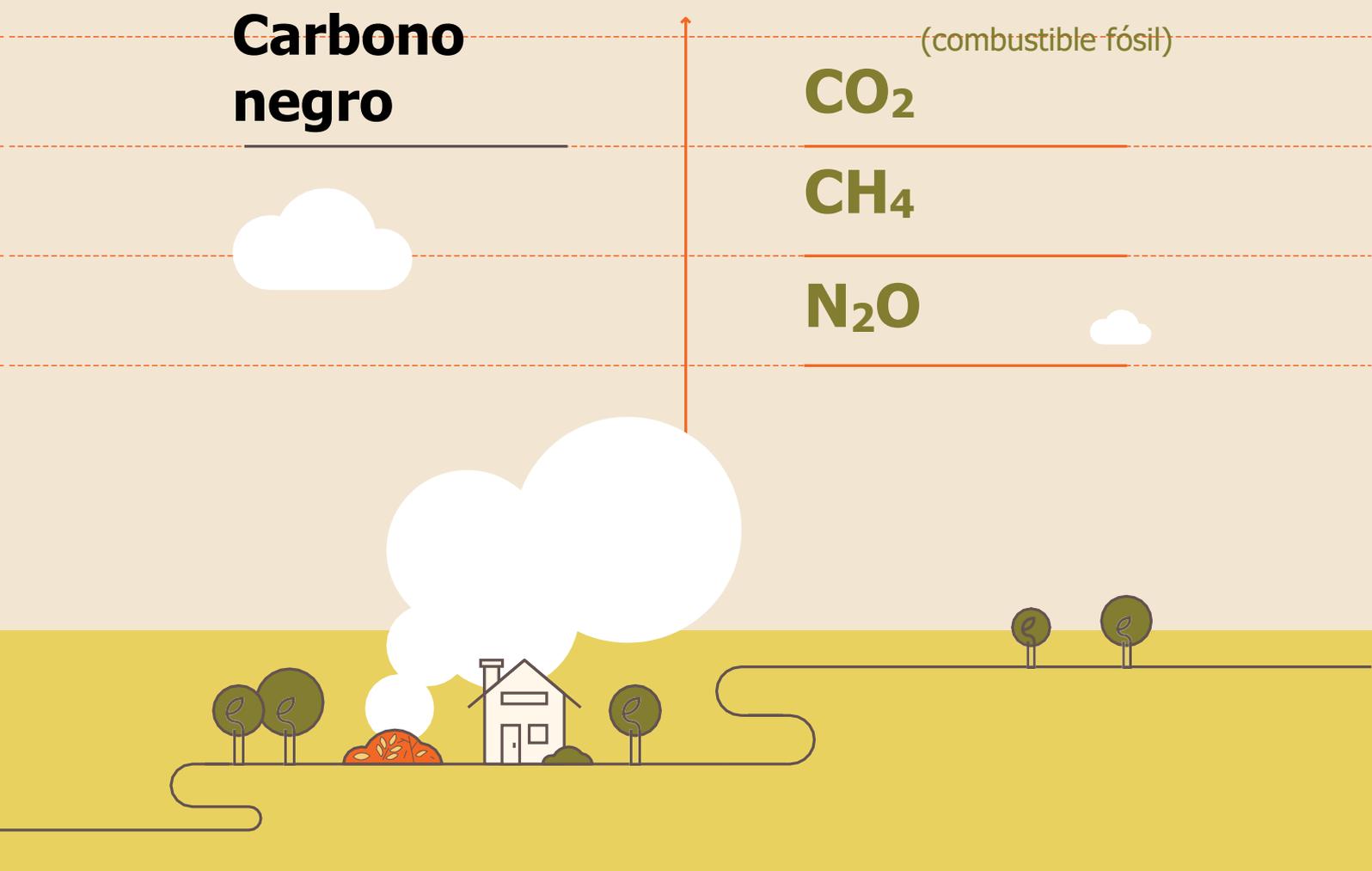
De acuerdo con las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI, definimos la quema a cielo abierto como la combustión de materiales no deseados como el papel, la madera, los plásticos, los textiles, la goma (caucho o hule), los aceites residuales y otros escombros en vertederos a cielo abierto, en donde el humo y otras emisiones se liberan directamente en el aire sin pasar por una chimenea o un cañón de chimenea de fábrica.

La quema a cielo abierto es una práctica común en los países en desarrollo y emite gases de efecto invernadero. Aunque el monitoreo y la reducción de la frecuencia con que se quema a cielo abierto debería ser una prioridad en términos de mitigación de emisiones de GEI, en la práctica, es una tarea difícil debido a la falta de datos respecto de los residuos sólidos municipales (RSM) que se queman y con qué frecuencia, ya que las quemaduras a cielo abierto pueden resultar de una actividad intencional o involuntaria causada por una gestión inapropiada de los RSM.

Como resultado de la quema a cielo abierto de los RSM, se generan cuatro tipos de emisiones: CO₂, CH₄, N₂O y carbono negro. Las emisiones se calculan en función de la cantidad de RSM que se queman a cielo abierto y de la composición de estos, según se detalla infra.

Gráfico 7
Emisiones de GEI
causadas por la
quema a cielo
abierto¹⁶

16 Fuente: Grupo RWA



$$\text{Emisiones de CO}_2 = \text{RSM} \times \sum_j (\text{FR}_j \times \text{ms}_j \times \text{FC}_j \times \text{FCF}_j \times \text{FO}_j) \times 44/12$$

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ en el año de inventario, Gg/año

RSMQ = cantidad total de residuos sólidos municipales en peso húmedo quemada, Gg/año

FR_j = fracción del tipo de residuo/componente material j en los RSM (como peso húmedo incinerado o quemado a cielo abierto)

ms_j = contenido de materia seca en el componente j de los RSM incinerados o quemados a cielo abierto, (fracción)

FC_j = fracción de carbono en el material seco (i.e., fracción de carbono) del componente j

FCF_j = fracción de carbono fósil en el carbono total del componente j

FO_j = factor de oxidación, (fracción)

44/12 = factor de conversión de C a CO₂

Emisiones de CO₂

Para estimar la cantidad de emisiones de GEI que resultan de la quema a cielo abierto, una buena práctica es calcular las emisiones de CO₂ según los tipos de residuos entre aquellos quemados a cielo abierto, tal como se muestra en la ecuación a continuación:

Con

$$\sum_j FR_j = 1$$

j = componente de los RSM quemados a cielo abierto como papel/cartón, textiles, residuos orgánicos, madera, residuos de parques y jardines, pañales desechables, goma (caucho, hule) y cuero (piel), plásticos, metales, vidrio, otros residuos inertes.

Los valores de Contenido de Materia Seca, Contenido Total de Carbono y Fracción de Carbono Fósil para distintas fracciones de RSM se calculan según la tabla a continuación.¹⁷

Para la quema a cielo abierto, se sugiere un factor de oxidación predeterminado, como porcentaje de carbono ingresado, de 58. Cuando los residuos se queman a cielo abierto, el peso de los residuos se reduce aproximadamente en un 49 % a 67 % (EE. UU.-EPA, 1997, p. 79).¹⁸

Componente de los RSM	Contenido de materia seca en % del peso húmedo	Contenido total de carbono en % del peso seco	Fracción de carbono fósil en % del carbono total
Alimentos/residuos orgánicos	40 %	38 %	-
Residuos verdes/de patio/jardín	40 %	49 %	0 %
Madera	85 %	50 %	-
Papel y cartón	90 %	46 %	1 %
Plástico	100 %	75 %	100 %
Goma, Caucho, Hule / Piel, Cuero	84 %	67 %	20 %
Textiles	80 %	50 %	20 %
Otro	90 %	3 %	100 %

Emisiones de CH₄

El cálculo de las emisiones de CH₄ se basa en la cantidad de residuos quemados a cielo abierto y en el factor de emisión relacionado, tal como se muestra en la ecuación a continuación:

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \sum_{\text{RSM}} (\text{RO}_{\text{RSM}} \times \text{FE}_{\text{RSM}}) \times 10^{-6}$$

Donde:

Emisiones de CH₄ = emisiones de CH₄ en el año de inventario, Gg/año

RQ_{RSM} = cantidad de RSM quemados a cielo abierto, Gg/año

FE_{RSM} = factor de emisiones de CH₄ agregado, kg de CH₄/Gg de residuos

10⁻⁶ = factor de conversión de kilogramos a gigagramos

Para la quema a cielo abierto de residuos, se informó un factor de emisión de CH₄ de 6500 g/t de RSM en peso húmedo (EIIP, 2001).

Se considera que el factor de emisión predeterminado para la quema a cielo abierto de RSM es de **150 g de N₂O/t de residuos**, según las Directrices del IPCC de 2006.

17 Fuente: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/5_Volume5/V5_2_Ch2_Waste_Data.pdf

18 Fuente: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/5_Volume5/V5_5_Ch5_IOB.pdf

Emisiones de N₂O

El cálculo de las emisiones de N₂O se basa en el dato ingresado sobre la cantidad de residuos quemados a cielo abierto y un factor de emisión predeterminado, según se define en la ecuación a continuación:

$$\text{Emisiones de N}_2\text{O} = \sum_{\text{RSM}} (\text{RO}_{\text{RSM}} \times \text{FE}_{\text{RSM}}) \times 10^{-6}$$

Donde:

Emisiones de N₂O = emisiones de N₂O en el año de inventario, Gg/año

RQ_{RSM} = cantidad de RSM quemados a cielo abierto, Gg/año

FE_{RSM} = factor de emisión de N₂O (kg de N₂O/Gg de residuos) para RSM

10⁻⁶ = factor de conversión de kilogramos a gigagramos

Carbono negro

El carbono negro (CN) es un potente contribuyente al calentamiento global y componente del material particulado formado por la combustión incompleta de combustibles fósiles, madera y otros combustibles. El carbono negro es un contaminante climático de vida corta, con un ciclo de vida de solo unos días a semanas después de su liberación en la atmósfera. Durante este corto período de tiempo, el carbono negro puede tener efectos directos e indirectos en el clima, las regiones glaciales, la agricultura y la salud humana.¹⁹

Las emisiones de CN de la quema a cielo abierto se estiman en **0,65 kg de CN/t** de residuos quemados a cielo abierto (Bond, 2013). El CN tiene un potencial de calentamiento global de **590** a lo largo de un período de 100 años (IPCC, 2013).

Estimación de la cantidad de residuos quemados a cielo abierto

La ecuación a continuación puede emplearse para estimar las cantidades de RSM quemados a cielo abierto:

$$\text{RSM}_Q = P \times P_{\text{frac}} \times \text{RSM}_P \times Q_{\text{frac}} \times 365 \times 10^{-6}$$

Donde:

RSM_Q = cantidad total en peso húmedo de residuos sólidos municipales quemados a cielo abierto, Gg/año

P = Población (cápita)

P_{frac} = fracción de la población que quema residuos, (fracción)

RSM_P = generación de residuos per cápita, kg de residuos per cápita/día

Q_{frac} = fracción de la cantidad de residuos que se queman relativos a la cantidad de total de residuos tratados, (fracción)

365 = número de días por año

10⁻⁶ = factor de conversión de kilogramos a gigagramos

19 <https://www.ccacoalition.org/en/slcps/black-carbon>



**Resources & Waste
Advisory Group^{sc}**



ACERCA DE GREEN PARTNERS

Green Partners es una consultora ambiental cien por cien privada e independiente. Brindamos servicios de consultoría a gobiernos, a instituciones financieras y de desarrollo internacionales y a la industria. Green Partners se fundó en 2001 como respuesta a un mercado cada vez mayor de cumplimiento y de desarrollo de infraestructuras ambientales en Europa del Este. Nos especializamos en la gestión de residuos, la energía verde, la mitigación del cambio climático y la resiliencia y la planificación urbana. A menudo ayudamos a nuestra clientela las salvaguardias ambientales y sociales.

A lo largo de los años, la compañía acumuló experiencia, conocimiento y referencias valiosas, gozando de un crecimiento sostenido en el volumen de venta y de personal. En 2008, junto con socios de larga data, creamos el Grupo RWA. Actualmente, seguimos trabajando en la región, pero también lo hacemos a nivel internacional para transferir el conocimiento y las lecciones aprendidas en Europa del Este a otras partes del mundo, incluyendo Asia y África. Visite www.greenpartners.ro

ACERCA DE WIEGO

Mujeres en Empleo Informal: Globalizando y Organizando (WIEGO, por su sigla en inglés) es una red mundial dedicada a promover el empoderamiento de las personas trabajadoras –particularmente de las mujeres– en situación de pobreza en la economía informal para garantizar sus medios de subsistencia. Creemos que todas las personas trabajadoras deben tener los mismos derechos, oportunidades económicas y protecciones, y poder expresarse en un plano de igualdad. Para promover el cambio, WIEGO contribuye con el mejoramiento de las estadísticas, la construcción de nuevos conocimientos sobre la economía informal, el fortalecimiento de redes de organizaciones de personas trabajadoras en empleo informal, así como de sus capacidades; y, junto con estas redes y organizaciones, busca influir en las políticas locales, nacionales e internacionales. Visite www.wiego.org/es

ACERCA DE LA ALIANZA MUNDIAL DE RECICLADORAS Y RECICLADORES

La Alianza Mundial de Recicladoras y Recicladores es un proceso de articulación, apoyado por WIEGO, entre organizaciones de personas recicladoras en más de 28 países, especialmente de Latinoamérica, Asia y África. Visite www.globalrec.org