



Manual de Evaluación

Cuantificación de la Huella de Carbono del sector
residuos a nivel municipal y uso de la
herramienta de cálculo

Mayo de 2020

Tabla de contenido

1.	Introducción	4
2.	Descripción metodológica	4
2.1.	Unidad de Cuantificación de la Huella de Carbono.....	4
2.2.	Fuentes de emisión.....	4
2.3.	Mecanismo de cuantificación	5
2.4.	Transporte de residuos.....	5
2.5.	Barrido y limpieza de espacios públicos	7
2.6.	Estación de transferencia.....	7
2.7.	Disposición final de residuos	7
2.7.1.	Uso de maquinaria en el sitio de disposición final.....	11
2.8.	Quema e incineración	12
2.9.	Tratamiento biológico de residuos	15
2.10.	Acciones de reducción de emisiones	16
3	Herramienta de medición y monitoreo de huella de carbono	17
3.1.	Información de la ciudad	18
3.2.	Módulo de cálculo 1: transporte de residuos.....	18
3.3.	Módulo de Calculo 3: Barrido.....	20
3.4.	Módulo de Calculo 3: Estación de transferencia	21
3.5.	Módulo de Calculo 4: Disposición final	22
3.6.	Módulo de Cálculo 4: Emisiones en Aprovechamiento.....	24
3.7.	Módulo de Cálculo 5: Reducciones en aprovechamiento	26
3.8.	Módulo de resultados	28
3.9.	Monitoreo	29
	Abreviaciones	30
	Unidades y nomenclatura	30
	Glosario de terminos	31
	Bibliografía	32

1. Introducción

El presente manual tiene como objetivo describir paso a paso el proceso de evaluación de la Huella de Carbono de la gestión de residuos sólidos a nivel municipal. El manual describe la metodología aplicada, los mecanismos de cuantificación, la información utilizada y el uso de la herramienta en Excel para su cálculo.

2. Descripción metodológica

2.1. Unidad de Cuantificación de la Huella de Carbono

La unidad de cuantificación de la Huella de Carbono es el equivalente en peso (Kg, toneladas) de dióxido de carbono (CO₂e). El equivalente de dióxido de carbono es la unidad que sirve para comparar la fuerza de radiación de los diferentes GEI con el dióxido de carbono. Se calcula multiplicando la masa de un GEI por su Potencial de Calentamiento Global (PCG). Ej. Para esta evaluación se están considerando los Potenciales de Calentamiento Global del Quinto Informe del IPCC¹ en el que un kilogramo de metano liberado a la atmósfera equivale a 28 Kg de CO₂e. Como la unidad de referencia es el dióxido de Carbono 1 Kg de CO₂ genera una HC de 1 Kg de CO₂e.

2.2. Fuentes de emisión

Con el fin de llevar a cabo la evaluación de la Huella de Carbono del sector residuos a nivel municipal se han dividido las actividades de la gestión de residuos en el transporte de residuos urbanos, actividades del centro de transferencia, disposición final y aprovechamiento de residuos. En cada grupo se han identificado las actividades generadoras de gases de efecto invernadero, también conocidas como las fuentes de emisión.

- Transporte y recolección de residuos urbanos.
- Estación de transferencia.
- Disposición de residuos sólidos.
 - Generación de metano en rellenos sanitarios.
 - Generación de metano en botaderos.
- Emisiones por actividades de aprovechamiento.

De igual forma se consideran las emisiones de GEI evitadas por actividades de aprovechamiento;

- Tratamiento biológico de residuos.
- Reciclaje.

¹ Disponible en https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf

- Transformación de residuos en otros productos.

Para cada fuente de emisión identificada también se toma en cuenta el origen de los residuos, se clasifican en:

- Domiciliarios.
- Patógenos.

El procedimiento para estimar las emisiones por manejo de residuos es el mismo para los dos tipos de residuos por origen. La única diferencia es su caracterización. Los residuos provenientes del barrido de calles, poda y de tipo comercial están incluidos en la categoría de domiciliarios.

2.3. Mecanismo de cuantificación

De forma general el mecanismo de cuantificación utilizado se describe como:

“Datos de la actividad generadora de Gases de Efecto Invernadero (GEI) multiplicados por el factor de emisión o remoción de GEI”²

$$E_g = D_a \cdot FE_a \quad (\text{Ec.1})$$

Dónde,

Eg = corresponde a la emisión del GEI.

Da = corresponde al dato de la actividad generadora de GEI.

FEa = corresponde al factor de emisión de la actividad generadora.

2.4. Transporte de residuos

Se utilizaron los factores de emisión de GEI por tipo de combustible presentados por el IPCC, las densidades y los poderes caloríficos reportados por YPFB Refinación S.A. para adecuar el factor a las características de los combustibles en Bolivia.

El proceso de desarrollo típico de los factores de emisión por quema de combustibles o en actividades que dependen del uso de energía consta de los siguientes pasos:

1. Determinación del consumo aparente de los recursos energéticos, en sus unidades de medida originales (Ej. Litros o kilogramos).

² Metodología de cuantificación descrita y aceptada en la norma ISO 14064-1.

2. Conversión del consumo aparente a una unidad de energía común (Joules/litro ó Joules/kilogramo) mediante el poder calorífico del combustible u otra equivalencia energética.
3. Transformación del consumo aparente de cada energético en emisiones de GEI, mediante su multiplicación por el factor de emisión del energético (Kg de GEI/J).
4. Determinación del factor de emisión que relaciona el dato de la actividad de forma directa a Kg de CO₂e, mediante la multiplicación de la cantidad de GEI emitido por su PCG.

TABLA 1: DESARROLLO DE FACTORES DE EMISIÓN PARA LA GASOLINA Y DIÉSEL

GEI	Combustible	Factor de emisión estándar Kg GEI/TJ (A) ^{i,ii}	Poder calorífico TJ/Gg (B) ⁱⁱⁱ	Factor de emisión en peso Kg GEI/Kg (C=A*B/10 ⁶)	Densidad combustible Kg/litro ^{iv} (D)	Factor de emisión Kg GEI/litro (E=C*D)	PCG ^v (F)	Factor de emisión CO ₂ e/litro (E*F)
CO ₂	Gasolina	69.300,00	48,44	3,35666	0,72	2,42262	1,00	2,42262
	Diésel	74.100,00	46,41	3,43881	0,81	2,79296	1,00	2,79296
CH ₄	Gasolina	33,00	48,44	0,00160	0,72	0,00115	25,00	0,02884
	Diésel	3,90	46,41	0,00018	0,81	0,00015	25,00	0,00367
N ₂ O	Gasolina	3,20	48,44	0,00015	0,72	0,00011	298,00	0,03334
	Diésel	3,90	46,41	0,00018	0,81	0,00015	298,00	0,04381
Total	Gasolina							2,48480
	Diésel							2,84044

ⁱ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol 2: Energy, Cap 3, Tabla 3.2.1, pag 3.16

ⁱⁱ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol 2: Energy, Cap 3, Tabla 3.2.2, pag 3.21 para gasolina de motor (Motor Gasoline -Uncontrolled)

ⁱⁱⁱ en base a un promedio del poder calorífico reportado por YPFB refinación en el mes de abril 2013

^{iv} en base a un promedio de la densidad reportada en abril 2013 por ypfb refinación

^v IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 20014 tabla 2.14,

El dato de actividad es la cantidad de combustible efectivamente utilizado en vehículos. En caso de no contar con el registro de uso de combustible se puedes estimar a cantidad de combustible en base a:

- Distancia recorrida hasta el sitio de disposición de residuos sólidos.
- Cantidad y tipo de vehículos utilizados para la recolección.
- Rendimiento en uso de combustible por kilómetro por tipo de vehículo.

Los rendimientos por kilómetro pueden obtenerse de las tablas propuestas por el WRI-GHG protocol³.

2.5. Barrido y limpieza de espacios públicos

En actividades de barrido y limpieza de espacios públicos se emplean vehículos y maquinaria que utilizan combustibles fósiles como fuente de energía. Es posible de igual forma que se utilicen vehículos y maquinaria con energía eléctrica para este fin. Para cuantificar sus emisiones se utiliza la Ec.1 con datos de actividad provenientes de consumo de combustibles en litros y energía eléctrica en kWh si es el caso. Tomando como ejemplo a la ciudad de La Paz. Los tipos de vehículos utilizados en estas actividades son:

- Barredoras y aspiradoras mecánicas,
- Motobarredoras,
- Camiones cisterna con sistemas de presión.

2.6. Estación de transferencia

En estaciones de transferencia se generan emisiones por el uso de combustibles y energía eléctrica para el funcionamiento de maquinaria y por la quema de combustible en vehículos para el transporte de residuos. Para estimar estas emisiones se debe aplicar la Ec.1. Los datos de actividad son los registros de consumos de combustibles en litros para el diésel y la gasolina, en kilogramos para el GLP, en metros cúbicos para el gas natural y en kWh para la electricidad.

2.7. Disposición final de residuos

De acuerdo al Protocolo Global para Comunidades (GPC), existen dos métodos comúnmente aceptables para la estimación de las emisiones de metano provenientes de la disposición de residuos sólidos: la Descomposición de Primer Orden y el Compromiso de Metano. La descomposición de primer orden (First order of decay, FOD) asigna las emisiones de vertido en función a las emisiones durante ese año. Contabiliza los GEI emitidos en realidad ese año, independientemente de cuando se dispusieron los residuos. El compromiso de metano (Methane commitment, MC) asigna las emisiones de los vertederos en función a los residuos eliminados en un año determinado. Utiliza un enfoque de ciclo de vida y de balance de masas y calcula las emisiones de vertido en función a la cantidad de residuos depositados en un año determinado, independientemente de cuando ocurren realmente las emisiones (una parte de las emisiones se liberan cada año después de que los residuos se disponen). Se debe seleccionar un método en función de los objetivos de medición de la HC. Si se desea evaluar el impacto de acciones de reciclaje y aprovechamiento de residuos se debe utilizar el método Compromiso de Metano. Si se desea evaluar acciones de captura y aprovechamiento de biogás en el sitio de disposición final se debe emplear el método de descomposición de primer orden.

³ Disponible en <https://ghgprotocol.org/calculation-tools>

El método Compromiso de Metano, cuantifica las emisiones asumiendo que no se realizarán acciones posteriores como recuperación de metano en botaderos o traslado de los mismos a otros sitios de disposición. En Bolivia no se desarrollan actividades de aprovechamiento de biogás para la generación de energía en rellenos sanitarios. Por lo que a continuación se describirá el procedimiento de cálculo de emisiones para el método de Compromiso de Metano.

a) Determinar la cantidad (en peso) de residuos

El cálculo de las emisiones está basado en la cantidad de residuos generados. La información de residuos generados puede obtenerse mediante registros de ingreso de residuos a rellenos sanitarios o mediante estimaciones mediante indicadores per cápita de generación.

b) Determinar la composición

De acuerdo a la guía metodológica del GPC, es necesario determinar la composición aproximada de los residuos generados. La composición o “caracterización” nos indica la proporción de los distintos tipos de residuos. Cada tipo de residuo tiene una cantidad diferente de carbono degradable.

El cálculo de las emisiones totales generadas en el relleno sanitario resulta de la cantidad de residuos enviados a rellenos por el factor de emisión, en esta sección se muestra el desarrollo del factor de emisión por tonelada de residuo sólido enviado al relleno sanitario o botadero.

c) Cálculo del factor de emisión por tonelada de residuo mixto dispuesto al relleno sanitario

Para estimar el factor se utiliza la caracterización de residuos -principalmente la proporción de residuos orgánicos- y las constantes y porcentajes de la cantidad de contenido de carbono (CCO) por tipo de residuos proporcionados por el IPCC.

Multiplicando el porcentaje de los tipos de residuos por el contenido de carbono obtenemos el porcentaje de la Cantidad de Carbono Orgánico (CCO) para el tipo de basura que ingresa a los rellenos sanitarios.

El factor de emisión asociado con los residuos municipales enviados a los rellenos sanitarios se estima utilizando la siguiente fórmula que toma en cuenta las emisiones futuras generadas por los residuos hasta terminar su ciclo de vida.

$$\text{Factor de Emisión } CH_4 = \text{Cantidad residuos} \times L_0 \times (1 - f_{rec}) \times (1 - OX) \quad (\text{Ec.2})$$

Dónde:

L_o = Potencial de generación de Metano (ver explicación más abajo)

f_{rec} = Fracción de Metano recuperado en el relleno: 0.2 fracción de metano recuperado en el relleno: quemado o recuperado. De acuerdo a recomendaciones del IPCC se asume un 20% para rellenos con sistema de quema de gas

OX = Factor de oxidación (0,1 para rellenos sanitarios bien manejados)

Fuente: Toronto and Region Conservation *Getting to Carbon Neutral: A Guide for Canadian Municipalities*. Adapted from Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

Potencial de generación de metano “ L_o ”

El potencial de generación de Metano es el factor de emisión que especifica la cantidad de CH₄ que se genera por tonelada de residuos sólido. Lo está basado en la cantidad de carbón orgánico (CCO) presente en el residuo sólido característico. Se estima utilizando la siguiente ecuación:

$$L_o = MCF \times CCO \times DOC_F \times F \times 16/12 \quad (\text{Ec.3})$$

Dónde:

MCF = Factor de corrección basado en el tipo de relleno (manejado, no manejado, etc.).

CCO = Cantidad de carbón orgánico.

DOC_F = Fracción del carbón que se degrada (refleja el hecho que parte del carbón no se degrada).

F = Fracción de metano en el gas de relleno sanitario.

$16/12$ = Fracción estequiométrica de carbón en el metano.

Fuente: IPCC *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* (2000).

Los valores para cada variable son:

$MCF = 1$ (para rellenos controlados).

$CCO = 0,119$ (11,9%)

$DOC_F = 0,6$ (valor asumido ya que no todo el carbón contenido en el residuo se degrada, recomendación del IPCC).

$F = 0,5$ Fracción de metano en el biogás generado en el relleno (Default IPCC).

Los valores para las variables señaladas en las anteriores ecuaciones de acuerdo al tipo de disposición se muestran en la tabla 3.

Contenido de Carbono (DOC)

El contenido de carbono se expresa en la variable DOC, y está en función al tipo de residuos generado. La siguiente tabla muestra el contenido de carbono por tipo de residuo.

TABLA 2. CONTENIDO DE CARBONO POR TIPO DE RESIDUO

Tipo de residuo	Contenido de materia seca (porcentaje)	Contenido de carbono (porcentaje)	Fracción fósil de carbono (porcentaje)	factor de oxidación - OX
Papel y cartón	90%	46%	1%	100%
Textiles	80%	50%	20%	100%
madera	85%	50%		100%
Residuos de comida	40%	38%	--	100%
Residuos de jardín	40%	49%	0%	100%
Rechazos (papel higiénico)	40%	70%	10%	100%
Goma y cuero	84%	67%	20%	100%
Plásticos	100%	75%	100%	100%
Metal	100%	--	--	100%
Vidrio	100%	--	--	100%
Otros, inerte	90%	3%	100%	100%
Residuo médico	65%	60%	25%	100%
Residuo peligroso	50%	50%	28%	100%

Fuente: IPCC 1996

Factor de corrección de metano (MCF)

La variable que determina la cantidad de carbono que se transformará en metano es el MCF este factor puede variar de acuerdo al sitio de disposición y a las condiciones de manejo del mismo. La siguiente tabla muestra la variación del valor de MCF en función del tipo de manejo.

TABLA 3. VARIABLES POR TIPO DE DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Tipo de disposición	Frec	OX	MCF	DOCf	F
Relleno bien manejado	0,2	0,1	1	0,5	0,5
Relleno controlado semi-anaeróbico	0	0	0,5	0,5	0,5
Relleno no controlado prof > 5m	0	0	0,8	0,5	0,5
Botadero prof <5 m	0	0	0,4	0,5	0,5
Botadero prof >5m	0	0	0,5	0,5	0,5
Disposición al airé libre y naturaleza (littering)	0	0	0,28	0,5	0,5

Fuente: IPCC 1996.

Fracción de metano recuperado (*frec*)

El metano generado en sitios de disposición final puede ser capturado y quemado en una chimenea o para la generación de energía. La fracción de metano que se recupera se expresa en la ecuación con el término *frec*. En caso de que el biogás quemado sea utilizado para la generación de energía, las emisiones resultantes de la quema deben reportarse en como quema de combustibles fósiles. Si solo se realiza quema en chimeneas, el CO₂ resultante de la quema se considera de origen biogénico y no es obligatoria su cuantificación, las emisiones de metano y N₂O que se generan con la quema no son significativos y se considera buena práctica no estimar estas emisiones.

El valor default es considerar la cantidad de metano que es quemado en chimeneas cero. Se recomienda como buena práctica solo reportar esta cantidad cuando existen referencias documentadas sobre la cantidad de gas quemado en chimeneas o recuperado para la generación de energía. Reportes basados en mediciones consistentes de todo el gas recuperado para energía y quema en sistemas centralizados o basados en el monitoreo de energía eléctrica generada en base a quema de gas (Considerando que factores de carga, poderes caloríficos, temperatura y otras variables influyen en la cantidad de gas necesario para producir una cantidad monitoreada de energía eléctrica).

Si se considera necesario estimar la cantidad de metano quemado o recuperado se debe tener mucha precaución utilizando supuestos y consideraciones sólidas, ya que no existen fórmulas estandarizadas por la variabilidad de condiciones de los sistemas de venteo y otras variables como la presión en capas inferiores. Cuando se estima en base a la cantidad de residuos sólidos depositados en rellenos se considera un valor default estimado de recuperación de metano del 20% de acuerdo a las recomendaciones del IPCC. Se sugiere esa proporción debido a la incertidumbre en la estimación de cantidades efectivamente quemadas y capturadas. De acuerdo al IPCC los reportes de mediciones en rellenos sanitarios se encuentran entre el 10 y el 85%.

2.7.1. Uso de maquinaria en el sitio de disposición final

Se utiliza maquinaria y vehículos en operaciones en rellenos sanitarios como traslado y manejo de residuos. Esta maquinaria y vehículos utilizan combustibles fósiles y/o energía eléctrica. La siguiente es una lista del tipo de vehículos utilizados.

- Compactadoras
- Topadoras
- Excavadora
- Retroexcavadora
- Cisterna
- Volqueta

- Cuadratrac
- Pala cargadora
- Hidrovac

Para cuantificar las emisiones por el uso de esta maquinaria se debe obtener la cantidad de combustibles fósiles y energía eléctrica utilizados para su funcionamiento y multiplicarlos por su respectivo factor de emisión como se muestra en la Ec.1.

2.8. Quema e incineración

En la quema e incineración de residuos se generan CO₂, CH₄ y N₂O, se excluyen las emisiones de CO₂ provenientes de la quema de residuos orgánicos, debido a que se considera el carbono que origina al gas de carácter biogénico⁴. La metodología utilizada es planteada en el IPCC y comparte la misma base metodológica que las ecuaciones planteadas en los mecanismos MDL y la planteada por el GPC. La metodología utilizada indica que de acuerdo al tipo de residuo y a su contenido de carbono de origen fósil se generan distintas cantidades de cada tipo de gas. La Tabla 2 muestra las cantidades de contenido fósil por cada tipo de residuo.

En función a esta información se plantea la siguiente ecuación para la estimación de emisiones de CO₂ por quema de residuos.

ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂ BASADA EN LA CANTIDAD TOTAL DE DESECHOS QUEMADOS

$$Emisiones\ de\ CO_2 = \sum_i (SW_i \cdot dm_i \cdot CF_i \cdot FCF_i \cdot OF_i) \cdot 44/12 \quad (Ec.4)$$

⁴El carbono de origen biogénico es el generado en base a la captación de CO₂ de la atmósfera. Este es el caso de plantas que absorben CO₂ y que son utilizadas como alimento, para la producción de textiles y otros.

Donde:

- Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ durante el año del inventario, Gg/año
- SW_i = cantidad total de desechos sólidos de tipo i (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta, Gg/año
- dm_i = contenido de materia seca en los desechos (peso húmedo) incinerados o quemados por incineración abierta, (fracción)
- CF_i = fracción de carbono en la materia seca (contenido de carbono total), (fracción)
- FCF_i = fracción de carbono fósil en el carbono total, (fracción)
- OF_i = factor de oxidación, (fracción)
- 44/12 = factor de conversión de C en CO₂
- i = tipo de desecho incinerado/quemado al aire libre especificado de la manera siguiente:

En el caso del metano la ecuación utilizada es:

ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CH₄ BASADA EN LA CANTIDAD TOTAL DE DESECHOS QUEMADOS

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \sum_i (IW_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-6} \quad (Ec.5)$$

Donde:

- Emisiones de CH₄ = emisiones de CH₄ durante el año del inventario, Gg/año
- IW_i = cantidad de desechos sólidos de tipo i incinerados o quemados por incineración abierta, Gg/año
- EF_i = factor de emisión de CH₄ agregado, kg. de CH₄/Gg de desechos
- 10⁻⁶ = factor de conversión de kilogramos en gigagramos
- i = categoría o tipo de desecho incinerado/quemado al aire libre especificado de la manera siguiente:
 DSM: desechos sólidos municipales, ISW: desecho sólido industrial, HW: desecho peligroso, CW: Desechos hospitalarios: desechos cloacales, otros (que deben especificarse)

Los factores de emisión por tipo de residuos son:

Tabla 4. Factores de emisión de CH₄ para incineración de residuos

Tipo de incineración y/o tecnología		Factores de emisión de CH ₄ (Kg/Gg de desechos incinerados sobre una base de peso húmedo)
Incineración continuada	Cargador mecánico	0,2
	Lecho fluidizado	0
Incineración semi-continua	Cargador mecánico	6

	Lecho fluidizado	188
Incineración por lotes	Cargador mecánico	60
	Lecho fluidizado	237

Fuente: IPCC 1996.

Para el óxido nitroso:

ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE N₂O BASADA EN LA ENTRADA DE DESECHOS A LOS INCINERADORES

$$Emisiones\ de\ N_2O = \sum_i (IW_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-6} \quad (Ec.6)$$

Donde:

Emisiones de N₂O = emisiones de N₂O durante el año del inventario, Gg/año

IW_i = cantidad de desechos de tipo *i* incinerados o quemados por incineración abierta, Gg/año

EF_i = factor de emisión de N₂O (kg. de N₂O/Gg de desechos) para desechos de tipo *i*

10⁻⁶ = factor de conversión de kilogramos en gigagramos

i = categoría o tipo de desecho incinerado/quemado al aire libre especificado de la manera siguiente:

DSM: desechos sólidos municipales, ISW: desecho sólido industrial, HW: desecho peligroso, CW: Desechos hospitalarios: lodos cloacales, otros (que deben especificarse)

Tabla 5: factores de emisión por tipo de residuo:

País	Tipo de incineración y/o tecnología		Factor de emisión (g de N ₂ O/tonelada de residuo incinerado)	Base del peso
Japon	Incineración continuada	Cargador mecánico	47	Peso húmedo
		Lecho fluidizado	67	
	Incineración semi-continua	Cargador mecánico	41	
		Lecho fluidizado	68	

	Incineración por lotes	Cargador mecánico	56	
		Lecho fluidizado	221	
Países Bajos			8	
Alemania			20	
Austria			12	

Fuente: IPCC 1996.

2.9. Tratamiento biológico de residuos

Se consideran actividades de tratamiento biológico de residuos al compostaje y a la digestión anaerobia de residuos orgánicos tales como residuos de alimentos, residuos de jardín y parque, lodos, y otras fuentes de desechos orgánicos. Para su cuantificación se utilizarán las ecuaciones planteadas por el GPC para este tipo de actividad:

$$Emisiones CH_4 = m \times FCH_4 \times PCG - R \quad Ec. 7$$

$$Emisiones N_2O = m \times FN_2O \times PCG \quad Ec. 8$$

Donde:

m = masa de residuos orgánicos tratada según el tipo de tratamiento.

FCH_4 = Factor de emisión de metano basado en el tipo de tratamiento.

FN_2O = Factor de emisión de óxido nitroso basado en el tipo de tratamiento.

PCG = Potencial de calentamiento global de acuerdo al tipo de gas. Para esta evaluación se consideran los PCG del quinto reporte del IPCC. 28 para el metano y 265 para el óxido nitroso.

R = Cantidad de gas metano capturado y quemado, en caso de que suceda.

La siguiente tabla muestra los factores de emisión por tipo de tratamiento, se asume que los residuos a ser tratados no han pasado por un proceso previo de secado.

Tabla 6: Factores de emisión por tratamiento biológico

Tipo de tratamiento	Factor de emisión en kg CH ₄ /tonelada de residuos orgánico	Factor de emisión en kg N ₂ O/tonelada de residuos orgánico.
---------------------	--	---

Compostaje	4	0,3
Digestión anaeróbica	1	No ocurre

Fuente: IPCC 2006.

2.10. Acciones de reducción de emisiones

A continuación, se describen las acciones que evitan o reducen la Huella de Carbono.

2.10.1. Reciclaje de plásticos

A partir de la fracción de plástico recolectado y reusado o reciclado en el año base en cada ciudad, se determina una variación (aumento o disminución) en el futuro, para determinar la variación en emisiones de GEI. En el caso del reciclaje, si bien este proceso de transformación requiere de energía que podría significar un aumento de emisiones, para fines de simplificación del modelo, no se toma en cuenta el ciclo de vida completo del plástico, y por tanto se excluyen las emisiones debidas a su transformación, lo cual puede ser un punto a perfeccionar en análisis posteriores. En términos generales, por cada tonelada de plástico que se reutiliza o se recicla, se reducen emisiones de GEI en función a la fracción de plástico que actualmente se quema en cada ciudad evaluada.

2.9.2 Reciclaje y reúso de metales

Se consideran las actividades de reciclaje de latas de aluminio, hojalata y metales ferrosos que son aprovechables. Los factores utilizados para cuantificar el beneficio de estas actividades consideran que estos materiales procesados y reutilizados evitan la producción y demanda de materiales vírgenes. Al igual que con el caso del plástico no se considera el ciclo completo, excluyendo emisiones por su transformación en productos terminados.

2.9.3 Reciclaje y reúso de papel y cartón

Esta medida aplica la misma lógica que la medida de reciclaje y reúso plástico, sin embargo, una tonelada de papel y cartón reusada o reciclada, reduce emisiones no solamente por evitar su quema, sino también por la degradación evitada de este tipo de residuos sólidos según la opción de manejo actual (p.ej. si es recolectada o depositada en un relleno o botadero, o si se degrada aeróbicamente en el ambiente) para cada ciudad. A mayor volumen de papel y cartón reciclado y/o reusado, menores emisiones ya que se evita la descomposición o quema de materia orgánica con alto contenido de carbón.

2.9.4 Transformación en nuevos productos

En esta categoría se estima el beneficio del aprovechamiento de residuos para fabricar nuevos productos como por ejemplo manufacturas basadas en plásti-madera que utilizan como materia prima residuos de plástico y de papel. Los factores utilizados para estimar el beneficio consideran un ciclo abierto de producción.

2.9.5 Uso de energía y combustibles en actividades de aprovechamiento

Se cuantifican las emisiones generadas por el uso de energía (Combustibles y electricidad) en los procesos y actividades necesarias para el aprovechamiento de residuos, entre estos se encuentran: Uso de vehículos para el transporte de residuos, maquinaria para la transformación y reciclaje, combustibles para calderos y maquinaria.

3 Herramienta de medición y monitoreo de huella de carbono

A continuación, se muestran los pasos necesarios para el uso de la herramienta de cuantificación de la Huella de Carbono en la gestión de residuos en formato Excel. La herramienta fue diseñada con el objetivo de facilitar el cálculo y contiene todos los factores de emisión y mecanismos de cuantificación descritos en el presente manual. La herramienta cuenta con los siguientes módulos:

- Introducción: Describe el objetivo de la herramienta y una guía básica sobre sus componentes y su uso.
- Marco teórico: Incluye los fundamentos básicos sobre la metodología de evaluación, los factores de emisión utilizados y las variables e información suplementaria utilizada para el cálculo de las emisiones.
- Información de la ciudad: Incluye la información de referencia sobre la ciudad y sobre los límites de evaluación.
- Transporte de residuos: Modulo de cálculo para las emisiones en transporte de residuos.
- Actividades de barrido y limpieza de espacios públicos.
- Estación de transferencia: Uso de energía de forma estacionaria y uso de vehículos en estaciones de transferencia.
- Disposición final: Modulo de cálculo para las emisiones por disposición final de residuos.
- Emisiones Aprovechamiento: Cuantifica las emisiones generadas en actividades de aprovechamiento de residuos.
- Aprovechamiento: Modulo de cálculo para estimar las emisiones evitadas y reducidas por actividades de aprovechamiento y reciclaje de residuos.
- Resultados: Presenta los resultados en formato de tablas y gráficas.
- Tabla de monitoreo de datos históricos.

A continuación se detalla el ingreso de información en cada uno de los módulos.

3.1. Información de la ciudad

Esta pestaña incluye los datos de referencia de la ciudad como ser: población, superficie, año de evaluación y límites geográficos. Además, incluye casillas para agregar las fuentes de información o referencias sobre la información ingresada.

Figura 1: Tabla de información de la ciudad

Información de la ciudad		
	Información	Referencia
Municipio	La Paz	
Año de evaluación	2013	
Límites geográficos	Límites municipales	
Superficie en km2	472	
Población	783.000	

Mapa de la ciudad



Fuente: Herramienta de Cálculo del sector residuos - pestaña: Información de la Ciudad

3.2. Módulo de cálculo 1: transporte de residuos

Las emisiones de GEI en transporte se generan por la quema de combustibles fósiles para el funcionamiento de vehículos. El dato de actividad que se requiere es la cantidad de combustibles fósiles utilizados para el funcionamiento de vehículos en el periodo de evaluación, es decir en un año.

Figura 2: Tabla de consumo de combustibles fósiles en transporte

Uso de combustibles por tipo de vehículo

Ref	Tipo de vehículo	Tipo de combustible (seleccionar de la lista desplegable)	Cantidad de vehículos	Cantidad de combustible utilizado al año en litros
1.1	Recolección de residuos urbanos			
1.1a	Camión compactador	Diésel	1	2000
1.1b	Camión roll on - roll off	Diésel	1	2000
1.1c	Camión compactador con sistema de grua y buzón de vertido	Diésel	1	2000
1.1d	Camión volqueta	Diésel	1	2000
1.1e	Camión compactador de carga lateral automatizada	Diésel	1	2000
1.1f	Camión con tolva sin compactación	Diésel	1	2000
1.2	Recolección de residuos patógenos			
1.2a	Camión especializado (Infecciosos)	Diésel	1	2000
1.2b	Furgoneta para residuos patógenos	Diésel	1	2000

Fuente: Herramienta de Cálculo del sector residuos - pestaña: 1. Transporte de residuos

Se debe ingresar la información sobre el consumo de combustibles en litros utilizados en el año de evaluación de acuerdo al tipo de vehículo. En caso de que la cantidad de combustible ingresado sea por más de un vehículo se debe especificar el número de vehículos en la columna respectiva. Se clasifican los vehículos en vehículos de recolección de residuos urbanos y residuos patógenos.

La cantidad de combustible en litros debe provenir del registro de adquisición o asignación de combustibles. Este dato de actividad es el que menor incertidumbre genera y de mayor utilidad para monitorear aumentos o disminución en el consumo y emisiones generadas. En caso de que no se cuente con el dato duro de consumo, se pueden estimar las emisiones en base a la siguiente en donde se ingresa otra información de referencia como las horas utilizadas por tipo de vehículo y su antigüedad.

Figura 3: Ingreso de información con características de los vehículos y horas utilizadas

Tipo de vehículo	Tipo de combustible (seleccionar de la lista desplegable)	Cantidad de vehículos	Horas de uso al día	Antigüedad del vehículo (Selección de la lista desplegable)
Recolección de residuos urbanos				
Camión compactador	Diésel	4	8	10 a 20 años
Camión compactador con sistema de grúa y bazuca de vertido	Diésel			
Camión compactador de carga lateral automatizada	Diésel			
	Diésel			
	Diésel			
	Diésel			
	Diésel			
	Diésel			
	Diésel			

Fuente: Herramienta de Cálculo del sector residuos - pestaña: 1. Transporte de residuos

Solo se debe llenar esta tabla si no se cuenta con los consumos de combustibles en litros, Kg o metros cúbicos.

3.3. Módulo de Calculo 3: Barrido

En este módulo se ingresa información de consumos de combustible y energía en vehículos y maquinaria para el barrido y limpieza de espacios públicos.

Figura 4: Ingreso de información con uso de combustibles y energía para barrido

Huella de Carbono del sector residuos en el Municipio de La Paz

Modulo de cálculo 2: Barrido

Utilice esta pestaña para ingresar información sobre el uso de energía en maquinaria para el barrido y limpieza de calles y espacios públicos.
Se debe ingresar la información en las casillas de color verde claro

Uso de combustibles y energía en estación de transferencia

En esta tabla ingrese información sobre el uso de combustibles en maquinaria dentro de la estación de transferencia, no ingrese datos sobre transporte para evitar doble contabilidad.

Ref	Tipo de combustible	Unidad de reporte	Cantidad de combustible utilizado	Descripción del uso	Fuente de información
2.1	Uso de combustibles de forma estacionaria				
2.1a	Diésel	Litros			
2.1b	Gas natural	Metros cúbicos			
2.1c	GLP	Kg			

En esta tabla ingrese información sobre el uso de energía eléctrica dentro de la estación de transferencia.

Ref	Descripción	Cantidad de electricidad utilizada al año en kWh	Descripción del uso	Fuente de información
2.2	Uso de energía eléctrica			
2.2a	Energía eléctrica			

2. Barrido
3. Estación de transferencia
4. Disposición final
5. Emisiones Aprovechamiento
6. Reducciones Aprovechamiento
... (+)

Fuente: Herramienta de Cálculo del sector residuos - pestaña: 2. Barrido

En este módulo se ingresa información de consumos de combustible y energía en vehículos y maquinaria para el barrido y limpieza de espacios públicos. En caso de contar con información específica por tipo de vehículo se utilizar la tabla de ingreso 2.3.

Figura 5: Ingreso de información por tipo de vehículo en actividades de barrido

Uso de combustibles por tipo de vehículo

Ref	Tipo de vehículo	Tipo de combustible (seleccionar de la lista desplegable)	Cantidad de vehículos	Cantidad de combustible utilizado al año en litros	Descripción	Fuente de información
2.3	Uso de vehículos para el barrido					
2.3a	Barredora mecánica y aspiración	Diésel	4	75258,36		
2.3b	Moto barredora aspiradora	Diésel	2	6817,68		
2.3c	Camión cisterna	Diésel	4	79793,04		
2.3d		Diésel				
2.3e		Diésel				

Fuente: Herramienta de Cálculo del sector residuos - pestaña: 2. Barrido

3.4. Módulo de Calculo 3: Estación de transferencia

En esta pestaña se ingresa información sobre uso de combustibles y energía en estaciones de transferencia.

La siguiente figura muestra las tablas para el ingreso de combustibles y energía eléctrica para maquinarias y equipamiento. En este par de tablas no se debe ingresar información de combustibles en vehículos para transporte de personas y materiales ya que es información se muestra en la siguiente tabla de esta pestaña.

Figura 6: Ingreso de información uso de energía y combustibles en estaciones de transferencia

Uso de combustibles y energía en estación de transferencia

En esta tabla ingreses información sobre el uso de combustibles en maquinaria dentro de la estación de transferencia, no ingrese datos sobre transporte para evitar doble contabilidad.

Ref	Tipo de combustible	Unidad de reporte	Cantidad de combustible utilizado	Descripción del uso	Fuente de información
3.1	Uso de combustibles de forma estacionaria				
3.1a	Diésel	Litros			
3.1b	Gas natural	Metros cúbicos			
3.1c	GLP	Kg			

En esta tabla ingreses información sobre el uso de energía eléctrica dentro de la estación de transferencia.

Ref	Descripción	Cantidad de electricidad utilizada al año en kWh	Descripción del uso	Fuente de información
3.2	Uso de energía eléctrica			
3.2a	Energía eléctrica			

Fuente: Herramienta de Cálculo del sector residuos - pestaña: 2 Estaciones de transferencia

La siguiente tabla en la pestaña sirve para ingresar el uso de combustibles en vehículos de transporte de residuos.

Figura 7: Ingreso de información uso combustibles en vehículos en estaciones de transferencia

Uso de combustibles por tipo de vehículo

Ref	Tipo de vehículo	Tipo de combustible (seleccionar de la lista desplegable)	Cantidad de vehículos	Cantidad de combustible utilizado al año en litros
3.3	Transporte desde la estación de transferencia			
3.3a	Camión volqueta	Diésel	10	122657,64
3.3b		Diésel		
3.3c		Diésel		
3.3d		Diésel		
3.3e		Diésel		

Fuente: Herramienta de Cálculo del sector residuos - pestaña: 3 Estaciones de transferencia

3.5. Módulo de Calculo 4: Disposición final

En este módulo se ingresa información sobre las características de los residuos recolectados y sobre la disposición final de residuos

El módulo cuenta con 2 secciones una para la disposición de residuos tipo domiciliario y otra para los residuos de tipo patógeno, en ambos casos el requerimiento de datos es similar:

Caracterización de residuos: en una tabla se debe ingresar la composición de los residuos gestionados.

Figura 8: Caracterización de residuos

Caracterización de residuos domiciliarios

Tipo de residuo	Porcentaje
Material orgánico	50
Residuos tipo jardín y poda	20
Papel y carton	5
Madera	5
Textiles	5
Escombros	5
Caucho y cuero	5
Plastico metal vidrio	3
Otros inertes	2

Fuente: Herramienta de Cálculo del sector residuos - pestaña: 4. Disposición Final

Al lado de esta tabla se dispone de una casilla para ingresar la fuente de información de la composición de residuos en porcentaje.

En la sección de residuos patógenos se encuentra otra tabla para llenar con la caracterización de residuos, esto debido a que es posible que se disponga con una caracterización diferente para los residuos de este tipo.

Características de la disposición final

En la siguiente tabla se debe ingresar información sobre las cantidades de residuos dispuestos y detalles sobre los lugares de disposición o sobre las actividades de quema e incineración.

Figura 9: Características de la disposición final

Características de la disposición final				
Ref	Tipo de residuo	Tipo de disposición (Seleccionar de la lista)	Unidad	Cantidad anual
4.1a	Dispuestos a rellenos sanitarios	Relleno bien manejado	toneladas/año	245662
4.1b	Dispuestos en rellenos fuera del municipio	Relleno bien manejado	toneladas/año	
4.1c	Disposición en botaderos municipales	Profundo > 5 metros	toneladas/año	
4.1d	Disposición en botaderos fuera del municipio	Profundo > 5 metros	toneladas/año	
4.1e	Porcentaje de biogás quemado al año		%	20%
4.1f	Cantidad de residuos que son incinerados a cielo abierto		toneladas/año	
4.1g	Cantidad de residuos en incineradores		toneladas/año	

Fuente: Herramienta de Cálculo del sector residuos - pestaña: 4. Disposición Final

En la columna de **Tipo de disposición** se debe escoger el tipo de relleno sanitario o botadero donde se disponen los residuos, se cuentan con las siguientes opciones

Rellenos sanitarios:

- Relleno bien manejado.
- Relleno controlado semi-anaeróbico.
- Relleno sanitario no controlado > 5 metros.

Botaderos

- Profundo > 5 metros.
- Profundo < 5 metros.

En la fila 4.1e en la columna Cantidad anual se debe ingresar la cantidad de biogás que es quemado en chimeneas o en sistemas de captura, quema y aprovechamiento de metano en rellenos sanitarios. La unidad de reporte es porcentaje de biogás capturado, quemado o aprovechado al año. En caso de que no se cuente con información de esta cantidad, se utilizará el dato default propuesto por el IPCC para rellenos bien manejados del 20% de biogás emitido que es quemado en sistemas de chimeneas. Como se explicó en la sección 2.6 no existe una fórmula para estimar el porcentaje de metano recuperado y quemado en sistemas de chimeneas, Se considera buena práctica utilizar un enfoque conservador y

asumir como 0% la proporción de metano recuperado o el valor default de 20% si considera necesario estimar esta proporción.

En las filas 4.1f y 4.1g, se debe ingresar la cantidad de residuos que son incinerados o quemados al aire libre o en incineradores según corresponda.

Uso de combustibles en maquinaria en el relleno sanitario

En esta tabla se ingresa información sobre el consumo de combustibles en maquinaria para el traslado y manejo de residuos dentro del relleno sanitario y sitio de disposición final. Se ingresa la información en litros de combustible provenientes de los registros de adquisición y asignación de combustibles por vehículos.

Figura 10: Uso de combustibles en rellenos y botaderos

Uso de combustibles en maquinaria y vehiculos en el relleno/botadero

Ref	Tipo de vehículo	Tipo de combustible (seleccionar de la lista desplegable)	Cantidad de vehiculos	Cantidad de combustible utilizado al año en litros
4.2a	Compactadoras	Diésel	3	14400
4.2b	Topadoras	Diésel	8	23904
4.2c	Excavadora	Diésel	7	13200
4.2d	Retroexcavadora	Diésel	2	8800
4.2e	Cisterna	Diésel	2	4632
4.2f	Volqueta	Diésel	11	15584
4.2g	Cuadratrac	Diésel	2	392
4.2h	Pala cargadora	Diésel	1	22400
4.2i	Hidrovac	Diésel	1	4000

Fuente: Herramienta de Cálculo del sector residuos - pestaña: 4. Disposición Final

3.6. Módulo de Cálculo 4: Emisiones en Aprovechamiento

En esta pestaña se ingresa información sobre el uso de energía y combustibles en actividades de aprovechamiento de residuos disgregados en tratamiento biológico, reciclaje y reúso y transformación en nuevos productos.

Figura 11: Uso de energía y combustibles en actividades de aprovechamiento

Tratamiento biológico de residuos

En esta tabla ingrese la cantidad de combustible utilizado para el transporte de residuos tipo organico hasta el lugar donde se realiza el tratamiento

Uso de combustibles fósiles para el transporte de residuos orgánicos para su tratamiento biológico

Ref	Tipo de tratamiento	Unidad	Cantidad anual
5.1a	Diésel	litros/año	
5.1b	Gasolina	litros/año	

Reciclaje y reuso

Uso de combustibles fósiles para el transporte de residuos reciclables

Ref	Material reciclado	Unidad	Cantidad anual
5.2a	Diésel	litros/año	3564
5.2b	Gasolina	litros/año	

Uso de combustibles fósiles y energía eléctrica en maquinaria para el reciclaje y aprovechamiento de residuos

Ref	Material reciclado	Unidad	Cantidad anual
5.3a	Diésel	litros/año	
5.3b	Gasolina	litros/año	
Emisiones indirectas			
5.3c	Electricidad	kWh/año	

Transformación en nuevos productos

Uso de combustibles fósiles para el transporte de residuos en su proceso de transformación

Ref	Material reciclado	Unidad	Cantidad anual
5.4a	Diésel	litros/año	
5.4b	Gasolina	litros/año	

Uso de combustibles fósiles y energía eléctrica en maquinaria para la transformación de residuos en nuevo

Ref	Material reciclado	Unidad	Cantidad anual
5.5a	Diésel	litros/año	
5.5b	Gasolina	litros/año	
Emisiones indirectas			
5.5c	Electricidad	kWh/año	

Fuente: Herramienta de Cálculo del sector residuos - pestaña: 5. Emisiones en aprovechamiento

3.7. Módulo de Cálculo 5: Reducciones en aprovechamiento

Este módulo está orientado a cuantificar la reducción de emisiones por evitar que se envíen residuos a rellenos sanitarios y botaderos y a reducir el consumo de materiales virgen mediante reciclaje y reúso de residuos.

Este módulo cuenta con 3 secciones.

Tratamiento biológico de residuos

En esta sección se debe ingresar información sobre las cantidades de residuos tipo orgánico que son destinados a actividades de biodigestión, lombricultura y compostaje de residuos.

Figura 12: Tabla de recolección de información sobre tratamiento biológico de residuos

Tratamiento biológico de residuos

Ref	Tipo de tratamiento	Unidad	Cantidad anual
6.1a	Lombricultura y compostaje	toneladas/año	2220
6.1b	Digestores anaeróbicos	toneladas/año	

Fuente: Herramienta de Cálculo del sector residuos - pestaña: 6. Reducciones Aprovechamiento

Cabe mencionar que por esta actividad se generan emisiones de GEI por el tratamiento de biológico de residuos y reducción de emisiones al evitar que residuos de tipo orgánico sean enviados a rellenos sanitarios y/o botaderos.

Reciclaje

En esta sección se deben ingresar las cantidades de residuos reciclados y/reutilizados por tipo de residuo en el periodo de evaluación de un año.

Figura 13: Tabla de recolección de cantidad de residuos reciclados

Ref	Material reciclado	Unidad	Cantidad anual
6.2	Plásticos		
6.2a	Plástico PET	toneladas/año	100
6.2b	Poliétileno de Alta Densidad (PEAD)	toneladas/año	123
6.2c	Poliétileno de baja densidad (PEBD)	toneladas/año	54
6.2d	Polipropileno (PP)	toneladas/año	15
6.2e	Plástico mix	toneladas/año	
6.3	Metales		
6.3a	Aluminio	toneladas/año	122
6.3b	Hojalata	toneladas/año	5
6.3c	Metales ferrosos	toneladas/año	13
6.3d	Metales mixto	toneladas/año	
6.4	Vidrio	toneladas/año	5
6.5	Papel y cartón		
6.5a	Papel	toneladas/año	122
6.5b	Papel periódico	toneladas/año	
6.5c	Revistas	toneladas/año	
6.5d	Cartón	toneladas/año	31

Fuente: Herramienta de Cálculo del sector residuos - pestaña: 6. Reducciones Aprovechamiento

Transformación de residuos en nuevos productos

Esta actividad se diferencia del reciclaje ya que los residuos no vuelven al inicio del ciclo productivo como materia prima, sino que son utilizados para generar un nuevo producto, por lo que solo se cuantifica el impacto al evitar su ingreso en rellenos y/o botaderos.

Se debe ingresar la cantidad de residuos que son transformados en nuevos productos al año.

Figura 14: Tabla de ingreso de información sobre transformación de residuos en nuevos productos

Transformación de residuos en nuevos productos

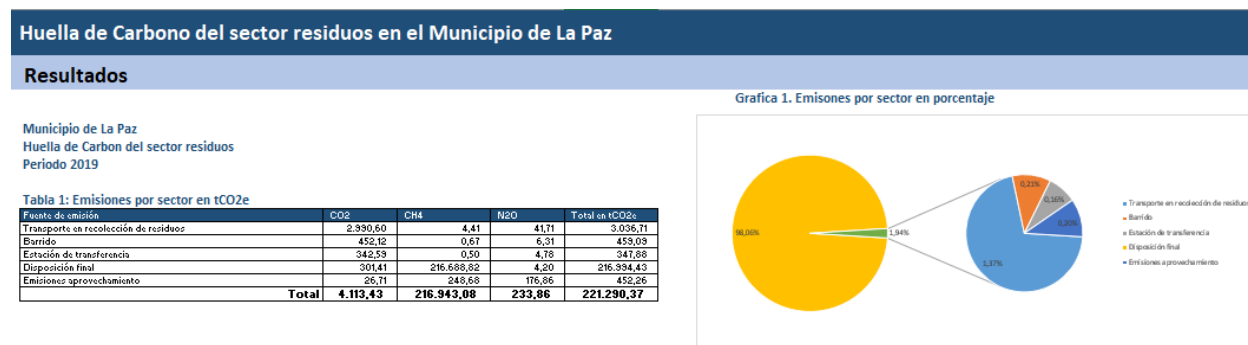
Ref	Tipo de transformación	Unidad	Cantidad anual
6.6a	Plásticos a plastimadera	toneladas/año	
6.6b	Cartón y papel a plastimadera	toneladas/año	

Fuente: Herramienta de Cálculo del sector residuos - pestaña: 6. Reducciones Aprovechamiento

3.8. Módulo de resultados

En este módulo se muestran los resultados de cuantificación de la Huella de Carbono divididos en dos secciones principales: las emisiones generadas en la gestión de residuos sólidos y las emisiones evitadas por el aprovechamiento de residuos.

Figura 15: Tabla de resultados de Huella de Carbono



La tabla de resultados de emisiones generadas muestra las emisiones por sector de actividad, fuente de emisión y por tipo de gas generado además del total en las unidades equivalentes de la Huella de Carbono (tCO2e).

Figura 16: Tabla de reducción de emisiones

Tabla 3: Emisiones evitadas en rellenos en tCO2e

Fuente de reducción	CO2	CH4	N2O	Total en tCO2e
Tratamiento biológico	-	2.664,00	-	2.664,00
Lombricultura y compostaje	-	2.664,00	-	2.664,00
Digestores anaeróbicos	-	-	-	-
Reciclaje	345,78	-	-	345,78
Plásticos	-	-	-	-
Metales	-	-	-	-
Vidrio	-	-	-	-
Papel y cartón	345,78	-	-	345,78
Transformación de residuos	-	-	-	-
Plásticos a plástimadera	-	-	-	-
Cartón y papel a plástimadera	-	-	-	-
Total	345,78	2.664,00	-	3.009,78

Tabla 4: Emisiones evitadas en la producción de materiales vírgenes en tCO2e

Fuente de reducción	CO2	CH4	N2O	Total en tCO2e
Reciclaje	2883	0	0	2883
Plásticos	382	0	0	382
Metales	1635	0	0	1635
Vidrio	4	0	0	4
Papel y cartón	261	0	0	261
Transformación de residuos	0	0	0	0
Plásticos a plástimadera	0	0	0	0
Cartón y papel a plástimadera	0	0	0	0
Total	2883	0	0	2883

Esta tabla muestra la reducción de emisiones por tipo de actividad y tipo de gas reducido tanto para emisiones evitadas por reducción de residuos que ingresan a rellenos sanitarios como emisiones por la producción de materiales vírgenes.

3.9. Monitoreo

Esta pestaña contiene una tabla que permitirá registrar y evaluar el aumento o reducción de las emisiones por categoría.

Figura 17: Monitoreo de emisiones

Monitoreo y control de las emisiones anuales					
Año de evaluación	Transporte de residuos	Estación de transferencia	Disposición final	Emisiones aprovechami	Total
2019	17	132	141.317	19	141.484
2020					
2021					
2022					
2023					
2024					
2025					
2026					
2027					
2028					
2029					
2030					

Abreviaciones

CCO	Cantidad de Contenido de Carbono
DOC	Contenido de Carbono
DEFRA	Department for Environment, Food and Rural Affairs
DPO	Degradación de primer orden
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GLP	Gas Licuado de Petróleo
GNV	Gas Natural Vehicular
GPC	Global Protocol for Communities
HC	Huella de Carbono
IBNORCA	Instituto Boliviano de Normalización
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	Organización Internacional de Estandarización
NB	Norma Boliviana
MCF	Factor de Corrección de Metano
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
ONG	Organización No Gubernamental
PCG	Potencial de Calentamiento Global
SIN	Sistema Interconectado Nacional
WRI	World Resource Institute

Unidades y nomenclatura

CO ₂ e	Toneladas de Dióxido de Carbono Equivalente
CH ₄	Metano
N ₂ O	Óxido Nitroso
CO ₂	Dióxido de Carbono
Tj	Terajoule
Gg	Gigagramo
Kg	Kilogramo
j	Joule
mg	Miligramo

Glosario de terminos

Equivalente de Dióxido de Carbono (CO₂e). Unidad para comparar la fuerza de radiación de un Gas de Efecto Invernadero (GEI) con el dióxido de carbono. El equivalente de dióxido de carbono se calcula utilizando la masa de un GEI determinado, multiplicado por su potencial de calentamiento global.

Factor de emisión de GEI. Factor que relaciona los datos de la actividad (p.ej. consumo de energía eléctrica) con las emisiones de GEI.

Gas de Efecto Invernadero. Componente gaseoso de la atmosfera, tanto natural como antropogénico, que absorbe y emite radiación a longitudes de onda específicas dentro de radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra, la atmosfera y las nubes. Los seis principales gases de efecto invernadero adoptados por consenso en el protocolo de Kyoto son: Dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), Hidrofluorocarbonos (HFC's), Perfluorocarbonos (PFC's) y Hexafluoruro de Azufre (SF₆).

Huella de Carbono. La Huella de Carbono se define como: "la totalidad de Gases de Efecto Invernadero (GEI) emitidos por efecto directo y/o indirecto de un individuo, organización, evento o producto" (UK Carbon Trust, 2008).

Potencial de Calentamiento Global. Factor que describe el impacto de la fuerza de radiación de una unidad en base a la masa de un GEI determinado, con relación a la unidad equivalente de dióxido de carbono en un periodo determinado.

Reducción de emisiones. Actividad que puede generar la reducción o captura de GEI.

Bibliografía

Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC); Quinto Informe de Evaluación (AR5) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático 2014; Disponible en: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>

Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC); Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, 5 volúmenes actualizado a 2019; disponible en <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

International Organization for Standardization; ISO 14064-1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero actualizado a 2018. Ginebra: ISO.

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)/World Resources Institute (WRI). “Greenhouse Gas Protocol, Corporate Accounting and Reporting Standard”, April 2004 and “GHG Protocol Emission Factors Database”, 2015. Disponible en: <https://ghgprotocol.org/calculation-tools>

UK Department for Environment Food and Rural Affairs; UK Government GHG Conversion Factors for Company Reporting 2019; Disponible en: <https://www.gov.uk/government/collections/government-conversion-factors-for-company-reporting>

Sustainable Infrastructure Group University of Toronto; Getting to Carbon Neutral: a Guide for Canadian Municipalities 2010; Disponible en: <http://trca.on.ca/dotAsset/81361.pdf>

Sinha and Chan; Study of emission of greenhouse gases by Brisbane households practicing different methods of composting of food & garden wastes: aerobic, anaerobic and vermicomposting; NRMA - Griffith University Project (Report Submitted to Griffith University & NRMA, Australia) (2009)