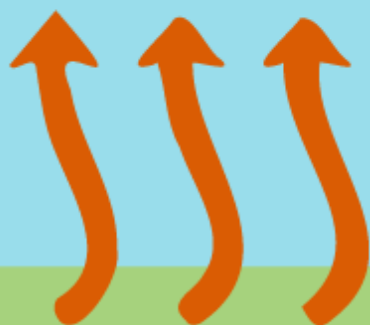


METODOLOGÍA M/MR-ER_DE01

PARA LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE CAPTURA,
DESTRUCCIÓN O APROVECHAMIENTO DEL BIOGÁS
PRODUCIDO EN RELLENOS SANITARIOS

BIOGÁS



METODOLOGÍA M/MR-ER_DE01



PARA LA EJECUCIÓN DE
PROYECTOS DE CAPTURA,
DESTRUCCIÓN O
APROVECHAMIENTO DEL
BIOGÁS PRODUCIDO EN
RELLENOS SANITARIOS

VERSIÓN
1.1

® CERCARBONO

No es permitida la reproducción parcial o total de este documento o su uso en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluyendo escaneo, fotocopiado y microfilmación, sin el permiso de CERCARBONO Derechos reservados.

CONTENIDO

Siglas y acrónimos	4
Prólogo	5
Resumen.....	6
1 Introducción	7
2 Objeto y campo de aplicación	8
3 Términos y definiciones.....	10
4 Principios	11
4.1 Completitud.....	11
4.2 Consistencia.....	11
4.3 Confiabilidad.....	11
4.4 Conservadurismo.....	11
4.5 Evidencia.....	12
4.6 Transparencia	12
5 Aplicabilidad y requisitos de inclusión.....	13
5.1 Adicionalidad	13
5.2 Titularidad	14
5.3 Participación efectiva e impacto ambiental	14
5.4 Objetivo general del proyecto	14
6 Escenario de línea base	15
6.1 Delimitación del PR-GEI/MR-ER_DE	17
6.1.1 Límites espaciales	17
6.1.2 Límites temporales del PR-GEI/MR-ER_DE.....	17
6.2 Fuentes de emisión de gei en el escenario de línea base.....	17
6.3 Cálculo de emisiones en el escenario de línea base.....	18
6.3.1 Generación de biogás en el relleno sanitario que es capturado para su uso	19
6.3.2 Generación de energía eléctrica con combustibles fósiles.....	25
6.3.2.1 Generación de energía eléctrica de una red eléctrica interconectada	25
6.3.2.2 Generación de energía eléctrica en una Zona No Interconectada (ZNI)	26
6.3.3 Generación de energía térmica con combustibles fósiles.....	28
6.3.4 Inyección de biogás en sistemas de distribución de gas natural	29

6.3.5 Distribución de biogás en sistemas dedicados exclusivamente o en carrotaques.....	31
6.4 Cobeneficios.....	32
7 Escenario de proyecto	34
7.1 Fuentes de emisión de GEI en el escenario de proyecto.....	34
7.2 Fugas.....	34
7.3 Cálculo de emisiones de GEI en el escenario de proyecto.....	34
7.2.1 Emisiones del proyecto por la destrucción en antorcha del metano proveniente del biogás de relleno sanitario.....	36
7.2.2 Emisiones del proyecto por el consumo de combustible fósil en procesos auxiliares.....	37
7.2.3 Emisiones del proyecto por el consumo de energía eléctrica adquirida de una red externa.....	38
7.2.4 Emisiones del proyecto por la pérdida del metano proveniente del biogás de relleno sanitario en sistemas de distribución por tubería.....	39
7.2.5 Emisiones del proyecto por la pérdida del metano proveniente del biogás de relleno sanitario en sistemas de distribución con carrotaque.....	40
8 Reducción y destrucción de emisiones.....	41
9 Monitoreo del proyecto de gei.....	42
10 Validación, verificación y reporte del proyecto de gei	62
11 Referencias	63
12 Historia del documento	66
ANEXO 1. Lista de chequeo indicativa para la aplicación de la metodología m/mr-er_de01 para la ejecución de PR-GEI/MR-ER_DE.	67

Siglas y acrónimos

CARBONCER	Crédito certificado de remoción o reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
CH ₄	Metano.
CMNUCC	Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático.
CO ₂	Dióxido de carbono.
GEI	Gases de Efecto Invernadero.
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
Mton	Megatoneladas o millón de toneladas.
MW	Megavatios.
MWh	Megavatios por hora.
N ₂ O	Óxido Nitroso.
PDD	Documento de la Descripción del Proyecto
PR-GEI/MR- ER_DE	Proyecto para la Reducción (incluyendo evitación o destrucción) de emisiones de GEI por la captura o aprovechamiento de biogás (incluida la generación de energía renovable) producido en rellenos sanitarios - sector de Manejo de Residuos.
RENARE	Registro Nacional de Reducción de Emisiones de GEI-
t-CO ₂ e	Tonelada de dióxido de carbono equivalente.
UPME	Unidad de Planeación Minero – Energética.

Prólogo

CERCARBONO, como programa de certificación voluntaria de carbono, ha apoyado y financiado la elaboración de la presente metodología, desarrollada por una empresa consultora externa y su equipo técnico interno, avalados por su junta directiva y por su director general:

Desarrollo de la presente metodología	
Autor	CERCARBONO.
Colaboradores	ICONTEC, en su calidad de Organismo Nacional de Normalización (ONN).
	RED TREE SAS ¹ .
Desarrollador	
William Rodríguez Delgado	Consultor experto de RED TREE SAS e ICONTEC.
Revisor técnico experto	
Miguel Freyermuth	Consultor externo de CERCARBONO.
Revisores Finales	
Álvaro Vallejo Rendón	CERCARBONO.
Catalina Romero Vargas	

Este documento de metodología será actualizado cuando se requiera adaptarlo a las circunstancias nacionales, en función de mejorar el MRV en su calidad y eficiencia.

Un borrador de esta metodología ha sido puesto en consideración de la sociedad en general, mediante consulta pública divulgada en el sitio web de CERCARBONO y a través de invitaciones a individuos y organizaciones públicas y privadas y sus aportes han sido tenidos en cuenta para la elaboración de la versión final. A continuación, se relacionan las entidades que participaron en la consulta pública, a quienes se agradece enormemente su valiosa contribución:

- ALLCOT
- BIOGAS DOÑA JUANA
- C-DEG S.A.S E.S.P.
- ECOLOGÍA COMPETITIVA
- ECOPARS S.A.S.
- EDP SOLUCIONES
- EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN E.S.P.
- EMVARIAS GRUPO EPM
- EXTRUCOL S.A.
- ICONTEC
- KLTQHUEDCIOC
- MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
- MUTEK
- SAAI S.A.S
- SENA
- UAESP
- UNIVERSIDAD DISTRITAL
- WRI ECDBC MINAMBIENTE

¹ Empresa consultora contratada bajo un contrato establecido entre CERCARBONO e ICONTEC.

Resumen

La presente Metodología se desarrolló para posibilitar la generación de créditos de carbono a partir de proyectos que realicen la destrucción de metano (CH_4) mediante la combustión del contenido en el biogás producido por la degradación anaeróbica de la materia orgánica en los rellenos sanitarios, con o sin aprovechamiento energético de este. Los proyectos de destrucción o aprovechamiento del metano deben haber entrado en operación hasta cinco años antes del registro de la iniciativa ante el programa de certificación de CERCARBONO. También deben cumplir los principios descritos más adelante.

Para que los proyectos sean elegibles, además de cumplir los requisitos de adicionalidad, deben oxidar químicamente el metano presente en el biogás con o sin aprovechamiento de este (desplazando en este último caso, el uso de una fuente de energía fósil con fines energéticos o energía eléctrica producida con fuentes de energía fósiles), siempre y cuando se pueda demostrar que en ausencia del proyecto se liberaría directamente a la atmósfera, sin ningún tratamiento. Puede tratarse de proyectos nuevos, existentes, modernizaciones, rehabilitaciones o reemplazos de sistemas de captura o de combustión y aprovechamiento energético en rellenos sanitarios.

Esta metodología brinda también lineamientos generales asociados al manejo de datos y documentación del proyecto y su monitoreo.

1 Introducción

El cambio climático es uno de los más grandes retos que enfrenta la sociedad actualmente, el cual está afectando, entre otros, la continuidad de la vida en Tierra en la forma en la que la conocemos. El uso de la energía es una de las principales causas de este problema, si se considera que es responsable de cerca de la mitad de las emisiones totales del planeta, de acuerdo con la información del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

El metano (CH₄) es el segundo gas de efecto invernadero (GEI) en importancia en cuanto a la cantidad emitida y está presente en la atmósfera terrestre equivalente a un 20 % de la cantidad de CO_{2e} emitida en el mundo (IPCC, 2014). Una de las principales fuentes de emisión relacionadas con el metano es la que se produce por la degradación anaeróbica de residuos sólidos en rellenos sanitarios, cuya gestión adecuada redundaría en una reducción importante de dichas emisiones.

Considerando esta problemática y la necesidad de avanzar en su solución, se han adelantado acciones conducentes a reducir el impacto ambiental a través de procesos de mitigación y adaptación al cambio climático, entre otros, mediante el desarrollo de proyectos orientados al mercado del carbono que busquen reducir o destruir las emisiones de GEI, mediante la captura o el aprovechamiento del metano procedente del biogás generado en rellenos sanitarios.

Para dinamizar las transacciones de carbono, se han creado iniciativas para acompañar o asesorar el desarrollo de proyectos de mitigación del cambio climático desde su formulación, implementación hasta la certificación. En ese sentido, CERCARBONO con su programa de certificación voluntaria, para facilitar a empresas e individuos que puedan contribuir con la reducción de emisiones de GEI que causan dicha problemática climática, estimula la creación y la utilización de herramientas metodológicas para el desarrollo de proyectos de inversión, con el fin de generar y respaldar certificados de carbono que garanticen la calidad de sus acciones de mitigación del cambio climático.

Es así como la presente metodología para el desarrollo de proyectos de reducción (incluyendo evitación o destrucción) de emisiones GEI por la captura, la destrucción y/o el aprovechamiento del metano procedente del biogás producido en rellenos sanitarios, busca presentar una alternativa para que estos puedan acceder al mercado del carbono, guardando todos los principios requeridos para el desarrollo de acciones de este tipo.

La presente metodología es aplicable a la captura y a la destrucción del metano por combustión, su aprovechamiento para la producción y uso de energía térmica, eléctrica, la inyección del biogás en la red de distribución de gas natural o su distribución a través de redes exclusivas de biogás o carrotanques.

2 Objeto y campo de aplicación

Esta metodología es aplicable a toda persona natural o jurídica, pública o privada que desarrolle proyectos relacionados con la captura, la destrucción o el aprovechamiento energético del metano contenido en el biogás producido en rellenos sanitarios, que cumpla con todos los demás requisitos legales aplicables, y que tenga como fin optar a pagos por resultados o compensaciones similares como consecuencia de acciones de mitigación del cambio climático que generen reducciones de emisiones de GEI.

Esta metodología establece recomendaciones básicas a partir de los principios de completitud, confiabilidad, conservadurismo, consistencia, evidencia, exactitud y transparencia para el diseño y ejecución de Proyectos de Reducción (incluyendo evitación o destrucción) de emisiones de GEI por captura y aprovechamiento del biogás (incluida la generación de energía renovable) producido de rellenos sanitarios en el sector de Manejo de Residuos (**PR-GEI/MR-ER_DE**).

Los tipos de **PR-GEI/MR-ER_DE** que están comprendidos entre las condiciones y los lineamientos relacionados en esta metodología incluyen instalaciones nuevas o existentes, modernizaciones, rehabilitaciones o reemplazos de sistemas de:

- Captura y destrucción del metano contenido en el gas producido en rellenos sanitarios mediante combustión (en antorchas, motores de combustión interna, quemadores, entre otros) que, en caso de ausencia del proyecto, sería liberado directamente a la atmósfera.
- Generación de electricidad mediante el aprovechamiento del metano contenido en el gas proveniente de rellenos sanitarios.
- Generación de energía térmica mediante la combustión del metano contenido en el gas proveniente de rellenos sanitarios.
- Producción de biocombustible mediante la captura del gas generado en rellenos sanitarios para su inyección en las redes de distribución de gas natural, desplazando parcialmente este combustible.
- Producción de biocombustible mediante la captura del gas generado en rellenos sanitarios para distribuir gas natural directamente a usuarios, desplazando parcialmente este combustible.
- Captura y aprovechamiento del metano contenido en el gas producido en rellenos sanitarios para su distribución mediante carrotanques a usuarios que, en caso de no existir el proyecto, emplearían combustibles fósiles en su lugar.

Proyectos no listados anteriormente podrán emplear la presente metodología, siempre y cuando cumplan todos los criterios señalados en ella. También se pueden implementar una combinación de las medidas mencionadas anteriormente, si es aplicable, de acuerdo con las condiciones del proyecto.

Para que un **PR-GEI/MR-ER_DE** pueda aplicar para la presente metodología, debe cumplir las siguientes condiciones:

- No se debe tener en funcionamiento ningún sistema de captura de biogás antes de la implementación de la actividad del **PR-GEI/MR-ER_DE**, o si existe alguno en funcionamiento, debe comprobarse que el mismo no permitía aprovechamiento del biogás o que fue optimizado o mejorado en su funcionamiento para optimizar las condiciones de captura de este.
- La instalación del **PR-GEI/MR-ER_DE** no debe conducir a una reducción en la cantidad de residuos orgánicos que se recuperan o se recuperarían en su ausencia.

- No debería aumentarse deliberadamente la cantidad de metano producido en el relleno sanitario mediante estrategias de operación, con respecto a las condiciones base identificadas.
- La línea base del **PR-GEI/MR-ER_DE** debe permitir concluir que, en caso de no realizarse la actividad, el biogás (i) se hubiera liberado directamente a la atmósfera; o (ii) se hubiera destruido para evitar olores o por seguridad.

Los **PR-GEI/MR-ER_DE** deben estar ubicados en Colombia y cumplir los criterios de adicionalidad y todos los demás relacionados, que están descritos en la Resolución 1447 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y demás legislación colombiana aplicable, en el Protocolo para la Certificación Voluntaria de Carbono de CERCARBONO, en su versión vigente y cualquier otra herramienta metodológica complementaria utilizada. También se deben atender todos los requisitos y los criterios específicos aplicables, señalados en la versión vigente del Protocolo de CERCARBONO.

La fecha de inicio de operaciones del **PR-GEI/MR-ER_DE** podrá ser máximo de cinco años antes del registro de la iniciativa ante el programa de certificación de CERCARBONO.

3 Términos y definiciones

Los términos y definiciones que orientan el entendimiento de la presente metodología y del contexto del mercado de carbono han sido depositados en el documento “**Términos y definiciones del programa de certificación voluntaria de CERCARBONO**”, disponible en su sitio web (www.cercarbono.com), sección certificación: documentación.

4 Principios

Acorde con los lineamientos de la ISO 14064-2 y con el Protocolo de CERCARBONO, los principios de este documento procuran una representación justa y un recuento creíble de la reducción (incluida la evitación o destrucción) de emisiones de GEI de los **PR-GEI/MR-ER_DE**. Los principios establecen la base para las justificaciones y las explicaciones requeridas en este documento y los desarrolladores de **PR-GEI/MR-ER_DE** deben hacer referencia a los principios pertinentes y la forma en que han sido aplicados.

4.1 Completitud

Se deben incluir todas las fuentes significativas de emisión de GEI generadas y que serán mitigadas por el **PR-GEI/MR-ER_DE**. Asimismo, se debe incluir toda la información relevante que sustente la toma de decisiones y los resultados esperados o conseguidos por el proyecto, así como los procedimientos para alcanzar dichos resultados.

Se consideran no significativas aquellas fuentes que, sumadas, no sobrepasen el 10% del total de las emisiones generadas por el proyecto de GEI a lo largo de su período de contabilización.

4.2 Consistencia

Se deben permitir comparaciones significativas de la información asociada al cálculo y reporte de los GEI. Los supuestos, los valores y los procedimientos utilizados para la realización de cálculos de emisiones, reducciones o destrucción de GEI deben ser técnicamente correctos, coherentes y reproducibles.

4.3 Confiabilidad

Se deben incluir datos y parámetros de fuentes reconocidas, así como modelos técnicamente sustentados que soporten la reducción (incluyendo evitación o destrucción) de emisiones de GEI. Los datos, las variables y los parámetros deben ser representativos de la realidad local del proyecto de GEI, razón por la cual se prefiere sean obtenidos mediante metodologías de medición directa y que sean representativos estadísticamente.

Se deben incluir datos y parámetros de fuentes reconocidas, así como modelos técnicamente sustentados que soporten la reducción (incluyendo evitación o destrucción) de GEI. Son fuentes reconocidas aquellas incluidas en las metodologías de buenas prácticas del IPCC en su versión más actualizada o en versiones previas, si se justifica técnicamente su uso. También son válidos artículos académicos publicados en revistas indexadas.

4.4 Conservadurismo

Se deben utilizar supuestos, valores y procedimientos conservadores para garantizar que las emisiones del proyecto de GEI no están subestimadas y que las reducciones (incluyendo evitación o destrucción) de emisiones de GEI del **PR-GEI/MR-ER_DE** no están sobreestimadas.

Los supuestos, los valores y los procedimientos utilizados para la realización de cálculos de emisiones, reducciones o destrucción de GEI deben ser técnicamente correctos, coherentes y reproducibles. Sobre la factibilidad de uso de dos valores de un mismo parámetro a una misma escala se recomienda la elección del más conservador.

4.5 Evidencia

La evidencia usada debe ser suficiente y apropiada para asegurar que se emplean métodos racionales, confiables y reproducibles para garantizar que las reducciones de emisiones de GEI (incluyendo evitación o destrucción, según corresponda al tipo de proyecto) son reales y debidamente calculadas.

4.6 Transparencia

Se debe usar información genuina, veraz, apropiada y suficiente, relacionada con todo el ciclo de proyecto de manera que se pueda garantizar a las partes interesadas y al público en general que no hay engaño o imprecisión intencional.

Los datos, las suposiciones y las metodologías usadas para construir un escenario de línea base y los correspondientes monitoreos de resultados, deben estar disponibles de manera permanente y pública, para que se pueda reconstruir cualquier cálculo contenido en el **PR-GEI/MR-ER_DE**. Esta disponibilidad de la información es fundamental para la evaluación de los demás principios de esta Metodología. Por lo anterior se espera que la información incluya:

- Definiciones usadas en la cuantificación de datos de actividad, factores de emisión, métodos de proyección y cálculo de incertidumbre.
- Metodologías usadas para la estimación de áreas, cambios de áreas, factores de emisión, proyecciones y cálculos de incertidumbre.
- Suposiciones, soporte académico y de la implementación en otras acciones de mitigación (ver principio de confiabilidad).
- Datos usados para la estimación de áreas, cambios de áreas, factores de emisión, proyecciones y cálculo de incertidumbre.

5 APLICABILIDAD Y REQUISITOS DE INCLUSIÓN

Esta Metodología ha sido desarrollada para ser usada en Proyectos de Reducción (incluyendo evitación o destrucción) de emisiones de GEI por captura o aprovechamiento del metano contenido en el biogás producido en rellenos sanitarios bajo el sector Manejo de Residuos (**PR-GEI/MR-ER_DE**) orientados a la generación de créditos de carbono, cuyos equipos para el aprovechamiento o destrucción del metano hayan entrado en operación hasta cinco años antes del registro de la iniciativa ante el programa de certificación de CERCARBONO. Se deben cumplir los siguientes criterios básicos:

1. Capturar el biogás producido en un relleno sanitario, mediante un sistema de captación y conducción que reduzca o minimice las pérdidas de metano y lo conduzca hacia las instalaciones donde se realice su combustión o aprovechamiento.
2. Realizar la combustión del metano presente en el biogás capturado o implementar una estrategia de aprovechamiento de este, que incluya alguna de las medidas consideradas en la presente metodología, ya sea producción de energía eléctrica o térmica a partir del biogás, inyección del biogás en redes de gas natural, distribución del biogás en redes independientes, distribución en carrotanques o una combinación de estas.
3. Aplicarse en, según corresponda, rellenos sanitarios de cualquier capacidad en los que se cuente con: (i) Instalaciones nuevas para la captura, la destrucción o el aprovechamiento del biogás, (ii) Instalaciones existentes de captura, destrucción o aprovechamiento del biogás en las que se realicen rehabilitaciones, modernizaciones o reemplazos de sus equipos y (iii) Instalaciones de captura, destrucción o aprovechamiento del biogás que amplíen su capacidad o eficiencia.
4. Relacionarse y complementarse con todos los lineamientos señalados en la versión vigente del Protocolo de CERCARBONO.

Una actualización de las fuentes que pueden ser consideradas bajo los lineamientos de la presente metodología se puede encontrar en el sitio web de CERCARBONO.

5.1 Adicionalidad

El concepto de adicionalidad en esta Metodología se basa en lo definido en el Protocolo de CERCARBONO² y en la Resolución 1447 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Considerando lo anterior, la adicionalidad en el marco de esta Metodología se basa en la demostración de que al desarrollar el **PR-GEI/MR-ER_DE** se reduce o destruye metano presente en el biogás producido en rellenos sanitarios, evitando que se emita directamente a la atmósfera, o se aprovecha el metano presente en el biogás producido en el relleno sanitario, desplazando el uso de combustibles fósiles y evitando que el metano sea liberado directamente a la atmósfera.

Los **PR-GEI/MR-ER_DE** deben demostrar claramente que cuentan con procedimientos para evaluar y probar la adicionalidad y que dichos procedimientos brindan una garantía razonable de que las reducciones o la destrucción de emisiones de GEI no se habrían producido en ausencia del proyecto.

² CERCARBONO desarrolla procesos de mejora continua que incluyen robustecer los criterios de adicionalidad que deben cumplir los PRR-GEI. Una vez estén disponibles nuevas herramientas serán aplicables en la presente metodología.

5.2 Titularidad

El titular de la iniciativa debe obtener y aportar la autorización expresa del propietario(s), poseedor(es) o tenedor(es) de las instalaciones (sean estas privadas, públicas o mixtas) para la realización del **PR-GEI/MR-ER_DE** (incluyendo los asociados al terreno y a la infraestructura de captura, destrucción y/o aprovechamiento).

Se debe incluir evidencia de los derechos o propiedad sobre las instalaciones del **PR-GEI/MR-ER_DE** y, si corresponde, evidencia que demuestre que se cuenta con la respectiva licencia ambiental para su operación.

Debe evidenciarse la propiedad de las reducciones de emisiones de GEI entre las partes interesadas, es decir, la participación, el reclamo o la cesión de estas deben estar sustentadas en un documento firmado entre las partes.

Deben describirse en el Documento de Descripción del Proyecto (PDD), cuando se requiera, los resultados de las consultas entre los propietarios y participantes de la iniciativa sobre el **PR-GEI/MR-ER_DE** en cuestión.

5.3 Participación efectiva e impacto ambiental

El **PR-GEI/MR-ER_DE** debe proveer los documentos que certifiquen la realización de la consulta previa para el trámite de licencia ambiental, en los términos de la ley colombiana e incluir un resumen escrito en el PDD soportado con evidencia sobre los impactos ambientales que tuvo o sigue teniendo la implementación del proyecto. El **PR-GEI/MR-ER_DE** debe contar con un protocolo de participación efectiva que incluya:

- Un mapa de actores, es decir, un mapa institucional de las demás estructuras de gobernanza o instituciones y líderes asociados a la toma de decisiones en territorio, asociados a las actividades del proyecto.
- Decisiones consensuadas con las estructuras de gobernanza local.
- Trazabilidad de los procesos de consenso.
- Manejo de peticiones, quejas, reclamaciones y solicitudes y su trazabilidad.
- Un cronograma marco de reuniones para la toma de decisiones del proyecto
- Un protocolo para el manejo de conflictos.

Además de lo señalado anteriormente, el **PR-GEI/MR-ER_DE** debe atender los lineamientos descritos en la versión vigente del Protocolo de CERCARBONO.

5.4 Objetivo general del proyecto

Como objetivo general del **PR-GEI/MR-ER_DE** se debe describir el impacto positivo principal esperado por la implementación de las actividades del proyecto y el potencial de mitigación de los resultados de este.

El objetivo también debe incluir, como mínimo, la actividad principal, el lugar de implementación, los actores involucrados y el período de ejecución de acciones en un determinado lugar.

6 Escenario de línea base

Los posibles escenarios de línea base asociados a la gestión del biogás en el relleno sanitario pueden ser los siguientes:

1. Previo al desarrollo del **PR-GEI/MR-ER_DE**, el biogás producido en el relleno sanitario, o una proporción mayor de este, está siendo liberado a la atmósfera directamente. En este caso, las alternativas de proyecto podrían llevar a las siguientes situaciones en el escenario de proyecto (y por tanto requerirán información asociada para construir su línea base):
 - a. Se captura el biogás y se destruye de forma controlada mediante combustión.
 - b. Se captura el biogás y se aprovecha para la generación de electricidad.
 - c. Se captura el biogás y se aprovecha para la generación de energía térmica.
 - d. Se captura el biogás y se aprovecha mediante su inyección en una red de distribución de gas natural.
 - e. Se captura el biogás y se aprovecha mediante distribución en redes dedicadas exclusivamente al biogás o a través de carrotaques.

2. Anterior al desarrollo del **PR-GEI/MR-ER_DE**, el biogás producido en el relleno sanitario, o una proporción mayor de este, está siendo capturado y destruido a través de su combustión en una antorcha, sin ningún aprovechamiento.

En este caso, las alternativas de proyecto podrían llevar a las siguientes situaciones en el escenario de Proyecto (y por tanto requerirán información asociada para construir su línea base):

- a. Se aprovecha el biogás capturado para la generación de electricidad o se aumenta la eficiencia asociada a este proceso.
- b. Se aprovecha el biogás capturado para la generación de energía térmica o se aumenta la eficiencia asociada a este proceso.
- c. Se aprovecha el biogás capturado, mediante inyección en una red de distribución de gas natural o se aumenta la eficiencia asociada a este proceso.
- d. Se aprovecha el biogás capturado, mediante distribución en redes dedicadas exclusivamente al biogás o a través de carrotaques o se aumenta la eficiencia asociada a este proceso.

Para comprender mejor la situación del proyecto en cuanto a su línea base y las ecuaciones asociadas, véase el Diagrama 1.

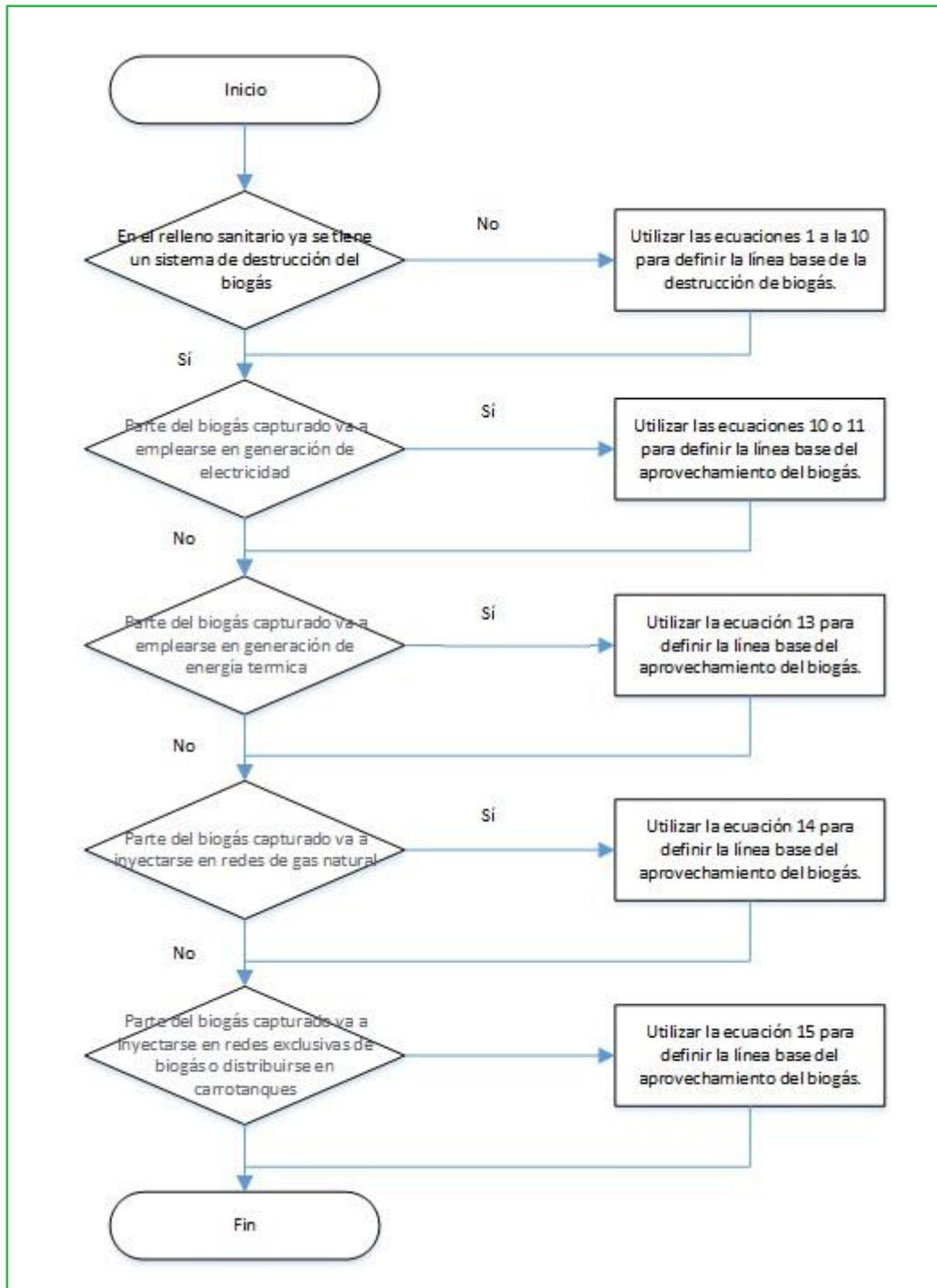


Diagrama 1. Diagrama de flujo proyectos biogás para construcción de línea base.

Cualquiera que sea la situación de **PR-GEI/MR-ER_DE**, se deben atender los lineamientos metodológicos asociados y descartar o desestimar los lineamientos que no se apliquen al tipo de proyecto realizado.

En los casos en los que existan otros sistemas de manejo del biogás, como tratamiento por aireación (*in situ* o pasivo) en el relleno sanitario, capas de oxidación en el relleno sanitario, producción de hidrógeno a partir del biogás, entre otros, el biogás que puede ser incluido en la presente metodología estará relacionado exclusivamente con los excedentes de dichos tratamientos que no sea gestionado mediante los mismos.

El desarrollador del **PR-GEI/MR-ER_DE** debe describir, de forma específica en el PDD, las condiciones de la línea base y la situación del proyecto que lo ha llevado a levantar información sobre la misma.

6.1 Delimitación del PR-GEI/MR-ER_DE

6.1.1 Límites espaciales

El límite del proyecto se refiere al sitio físico y geográfico de las instalaciones de captura, de destrucción o de aprovechamiento del biogás según corresponda en el **PR-GEI/MR-ER_DE**. La extensión espacial del proyecto incluye los sistemas de captura del biogás, la conducción de este hasta los lugares donde se realiza su destrucción o donde se realizan los tratamientos para su aprovechamiento y en caso de que se aplique, las instalaciones para realizar el aprovechamiento del biogás, su inyección en redes o entrega a carrotaques.

Se deben especificar datos del sitio de instalación del **PR-GEI/MR-ER_DE** tales como país, departamento, municipio, entre otros, incluyendo sus coordenadas geográficas (en el sistema de referencia oficial para Colombia MAGNA SIRGAS).

6.1.2 Límites temporales del PR-GEI/MR-ER_DE

Duración del proyecto: Es el período de tiempo (en años) comprendido entre el inicio (día/mes/año) de las acciones de mitigación del **PR-GEI/MR-ER_DE** y el final (día/mes/año) de estas acciones.

Período de acreditación: Será de veinte años o igual a la vida útil del mismo, si ésta es menor a veinte años, contado desde el momento en que haya entrado en operación el sistema de captura, destrucción y/o aprovechamiento del biogás. No serán verificables **PR-GEI/MR-ER_DE** que hayan entrado en operación hace más de cinco años hasta el registro de la iniciativa ante el programa de certificación de CERCARBONO.

Además de los lineamientos descritos anteriormente, en cualquier caso, se deben atender los lineamientos descritos en la versión vigente del Protocolo de CERCARBONO.

6.2 Fuentes de emisión de GEI en el escenario de Línea Base

Las fuentes de emisión a considerar en el escenario de línea base del **PR-GEI/MR-ER_DE**, se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Fuentes de emisión consideradas en el escenario de línea base.

Fuente	GEI	Incluido	Explicación
Generación de biogás en el relleno sanitario	CO ₂	No	La descomposición de los residuos sólidos orgánicos en los rellenos sanitarios produce un biogás con estos tres tipos de GEI. No se consideran el CO ₂ por considerarse de origen biogénico ni el N ₂ O porque la cantidad producida es despreciable. En el escenario de línea base puede o no haber captura de biogás.
	CH ₄	Sí	
	N ₂ O	No	
Destrucción del biogás mediante combustión.	CO ₂	No	La destrucción del biogás mediante combustión produce estos tres tipos de GEI. No se considera el CO ₂ por ser de origen biogénico. No se consideran el metano ni el N ₂ O porque la cantidad de estos GEI producida es despreciable.
	CH ₄	No	
	N ₂ O	No	
Consumo de combustibles fósiles para la generación de electricidad	CO ₂	Sí	Todos los combustibles fósiles empleados para la producción de electricidad producen estos tres tipos de GEI en su combustión. No se consideran el metano ni el N ₂ O porque la cantidad de estos GEI producida es despreciable.
	CH ₄	No	
	N ₂ O	No	
Consumo de combustibles fósiles para la generación de energía térmica	CO ₂	Sí	Todos los combustibles fósiles empleados para la producción de energía térmica generan estos tres tipos de GEI en su combustión. No se consideran el metano ni el N ₂ O porque la cantidad de estos GEI producida es despreciable.
	CH ₄	No	
	N ₂ O	No	
Consumo de gas natural de redes de distribución (o gasoductos)	CO ₂	Sí	La combustión del gas natural produce estos tres tipos de GEI en su combustión. No se consideran el metano ni el N ₂ O porque la cantidad de estos GEI producida es despreciable.
	CH ₄	No	
	N ₂ O	No	
Consumo de combustible que sería desplazado por el uso de metano obtenido de redes dedicadas exclusivamente al biogás o distribuido en carrotaques.	CO ₂	Sí	Cualquier combustible fósil que sea desplazado por el biogás, produce estos tres tipos de GEI en su combustión. No se consideran el metano ni el N ₂ O porque la cantidad de estos GEI producida es despreciable.
	CH ₄	No	
	N ₂ O	No	

Si el responsable del **PR-GEI/MR-ER_DE** identifica en su línea base una fuente de emisión de GEI diferente a las descritas anteriormente, podrá ser incluida, siempre y cuando justifique su inclusión y los resultados obtenidos asociados a la misma.

El responsable del proyecto debe garantizar la identificación de los GEI y las fuentes de emisiones relacionadas con el **PR-GEI/MR-ER_DE** que está desarrollando.

Además de los lineamientos descritos anteriormente, en cualquier caso, se deben atender todos los demás lineamientos descritos en la versión vigente del Protocolo de CERCARBONO.

6.3 Cálculo de emisiones en el escenario de línea base

El cálculo de las emisiones de la línea base se relaciona con las alternativas de gestión que se le dé al metano presente en el biogás capturado en el relleno sanitario. De acuerdo con lo anterior, las emisiones de la línea base del proyecto se pueden obtener con la Ecuación 1.

$$ELB_t = EBLB_t + EELB_t + EETCFLB_t + EGNLB_t + ECFLB_t$$

(Ecuación 1)

Variable	Unidades	Descripción
ELB_t	$t-CO_2e$	Emisiones de GEI del proyecto en el período t en el escenario de línea base.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/MR-ER_DE.
$EBLB_t$	$t-CO_2e$	Emisiones de GEI por el biogás producido en el relleno sanitario, que se espera que sea capturado para su uso o aprovechamiento en el período t del escenario de línea base.
$EELB_t$	$t-CO_2e$	Emisiones de GEI por la generación de energía eléctrica que se espera sea producida en el período t del escenario de línea base.
$EETCFLB_t$	$t-CO_2e$	Emisiones de GEI por la generación de energía térmica con combustibles fósiles que se espera sea desplazada durante el período t del escenario de línea base.
$EGNLB_t$	$t-CO_2e$	Emisiones de GEI por el gas natural que se espera sea desplazado por el uso de metano en el biogás de relleno sanitario en el período t del escenario de línea base.
$ECFLB_t$	$t-CO_2e$	Emisiones por consumo de combustible fósil que se espera sea desplazado por el uso de metano en el biogás proveniente de tuberías dedicadas exclusivamente a la distribución de este gas o por distribución en carrotanques en el período t del escenario de línea base.

6.3.1 Generación de biogás en el relleno sanitario que es capturado para su uso

La generación de biogás en el relleno sanitario se calcula con la siguiente Ecuación:

$$EBLB_t = \left((MBCP_t \times (1 - OX_t)) - MBDCLB_t \right) \times PCGMB$$

(Ecuación 2)

Variable	Unidades	Descripción
$EBLB_t$	$t-CO_2e$	Emisiones de GEI por el biogás producido en el relleno sanitario, que se espera sea capturado para su uso o aprovechamiento en el período t del escenario de línea base.

Variable	Unidades	Descripción
$MBCP_t$	t	Metano en el biogás que se espera sea capturado, destruido y aprovechado en el escenario de proyecto durante el período t .
OX_t	Fracción	Fracción del metano oxidado en el período t .
$MBDCLB_t$	t	Metano en el biogás que se espera sea destruido mediante combustión en el escenario de línea base del proyecto, en el período de tiempo t . Este valor es aplicable en caso de que ya se hiciera destrucción del metano antes del desarrollo del proyecto, en caso contrario $MBDCLB_t = 0$. Para la determinación del flujo másico a partir de datos de flujo volumétrico, se recomienda el uso de la herramienta metodológica 08 del MDL ³ .
$PCGMB$	NA	Potencial de calentamiento global del metano.

El nivel de desagregación para el período t puede ser determinado por parte del responsable del proyecto, pero en general se usan valores anuales. El período total del cual se calcule la línea base tendrá correspondencia directa con el tiempo de vida útil de la tecnología empleada en el proyecto de GEI, sin superar el tiempo de duración de este como máximo período de comparación.

El valor de $MBDCLB_t$ corresponde a la cantidad de metano destruido por combustión antes del desarrollo del proyecto que se esperaría que continúe siendo destruida durante el desarrollo de este y, por tanto, es aplicable para los casos en los que ya se hacía una quema del biogás en el escenario base y en el escenario de proyecto se aprovecha o se aumenta la eficiencia de su destrucción. En caso de que no se hiciera destrucción de metano antes del desarrollo del proyecto, el valor de $MBDCLB_t$ sería cero. $MBDCLB_t$ y $MBCP_t$ deben tener el mismo período temporal.

El valor de OX_t corresponde al factor de oxidación en el período de tiempo t , el cual refleja la cantidad de metano proveniente del relleno que es oxidado antes de ser emitido a la atmósfera residuos por diversos factores propios del sitio. En el reporte sobre oxidación se deberá incluir un análisis sobre los contenidos oxidados y no oxidados que se escapan a través de grietas y fisuras o por difusión lateral; esto con el fin de evitar la sobreestimación de los procesos de oxidación (IPCC, 2019). Según el IPCC (2019), el valor predeterminado para el factor de oxidación es cero y el uso del valor de oxidación de 0,1 estará justificado para rellenos sanitarios bien administrados. Los valores de oxidación superiores a 0,1 deberán estar completamente documentados, referenciados y respaldados por datos. La información sobre la elección del OX_t debe estar documentada en el PDD.

El valor de $MBCP_t$ corresponde a la cantidad total de metano contenido en el biogás que es capturado y que va a ser empleado en el escenario del proyecto, bien sea porque va a ser destruido en su totalidad, porque va a ser aprovechado en su totalidad, o porque una parte va a ser destruida y otra aprovechada. Para su

³ Para la determinación del flujo másico a partir de datos de flujo volumétrico, utilice la última versión de la herramienta metodológica 08 del MDL "Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream".

obtención se pueden tener dos escenarios, el primero es la estimación de $MBCP_t$ antes del desarrollo del proyecto (escenario *ex – ante*), y el segundo es la obtención de $MBCP_t$ después del desarrollo del proyecto (escenario *ex – post*, en el que se da la denominación $MBCP_{i,j}$).

a. En el escenario *ex post* se calcula mediante la siguiente Ecuación:

$$MBCP_{i,j} = MBDCAM_{i,j} + MBEEM_{i,j} + MBETM_{i,j} + MBGNM_{i,j} + MBDCM_{i,j}$$

(Ecuación 3)

Variable	Unidades	Descripción
$MBCP_{i,j}$	T	Metano en el biogás efectivamente capturado, destruido y aprovechado en el período j de la verificación i .
i		Índice de la verificación.
j		Índice del período de medición/monitoreo.
$MBDCAM_{i,j}$	t	Metano en el biogás destruido por combustión en el proyecto en el período j de la verificación i .
$MBEEM_{i,j}$	t	Metano en el biogás aprovechado para la producción de energía eléctrica en el proyecto en el período j de la verificación i .
$MBETM_{i,j}$	t	Metano en el biogás aprovechado para la producción de energía térmica en el proyecto en el período j de la verificación i .
$MBGNM_{i,j}$	t	Metano en el biogás aprovechado para la inyección en sistemas de distribución de gas natural en el período j de la verificación i .
$MBDCM_{i,j}$	t	Metano en el biogás inyectado en sistemas de distribución dedicados exclusivamente al metano contenido en el biogás o para distribución en carrotaques en el período j de la verificación i .

b. En el escenario *ex ante* se calcula mediante la siguiente Ecuación:

$$MBCP_t = MBTRLB_t \times \eta SC$$

(Ecuación 4)

Variable	Unidades	Descripción
$MBCP_t$	t	Metano en el biogás que se espera sea capturado, destruido y aprovechado en el período t del escenario de proyecto.

Variable	Unidades	Descripción
$MBTRLB_t$	t	Metano en el biogás que se espera sea producido por el total de residuos depositados en el relleno sanitario en el período t del escenario de línea base.
η_{SC}	NA	Eficiencia del sistema de captura de biogás (o del sistema que va a ser instalado en el relleno sanitario).

El $MBTRLB_t$ se calcula con las siguientes ecuaciones que se basan en la metodología IPCC (2019).

$$MBTRLB_t = CODRSLB_t \times F \times 16/12$$

(Ecuación 5)

Variable	Unidades	Descripción
$MBTRLB_t$	t	Metano en el biogás que se espera sea producido por el total de residuos depositados en el relleno sanitario, en el período t del escenario de línea base.
$CODRSLB_t$	$t-C$	Masa de carbono orgánico degradable disponible en los residuos sólidos que se espera sean depositados en el relleno sanitario y degradados en el período t del escenario de línea base.
F	NA	Fracción de metano en volumen, en el gas generado en el relleno sanitario.

El $CODRSLB_t$ se calcula con la Ecuación 6 (IPCC, 2019):

$$CODRSLB_t = CODDMALB_{TV_{i-1}} \times (1 - (e^{-k}))$$

(Ecuación 6)

Variable	Unidades	Descripción
$CODRSLB_t$	$t-C$	Masa de carbono orgánico degradable disponible en los residuos sólidos que se espera sean depositados en el relleno sanitario y degradados en el período t del escenario de línea base.
$CODDMALB_{TV_{i-1}}$		Masa de carbono orgánico degradable acumulada en los residuos sólidos que se espera sean depositados en el relleno sanitario, al final del año anterior al de la verificación TV_{i-1} .
TV_{i-1}		Año de verificación del período i (contado desde el inicio del proyecto).
i		Índice de la verificación.

Variable	Unidades	Descripción
k	NA	Constante de reacción, en el período $t-1$.

$$k = \text{Ln}(2)/TVM$$

(Ecuación 7)

Variable	Unidades	Descripción
k	NA	Constante de reacción en el período $t-1$.
TVM	$año$	Tiempo de vida media del relleno sanitario.

A su vez, el $CODDMALB_{TV_{i-1}}$ se calcula con la Ecuación 8 (IPCC, 2019).

$$CODDMALB_{TV_{i-1}} = CODDLB_t \times \left(CODDRSLB_{TV_{i-1}} - (e^{-k}) \right)$$

(Ecuación 8)

Variable	Unidades	Descripción
$CODDMALB_{TV_{i-1}}$	$t-C$	Masa de carbono orgánico degradable acumulada en los residuos sólidos que se espera sean depositados en el relleno sanitario al final del período de verificación TV_{i-1} .
TV_i		Año de verificación del período i (contado desde el inicio del proyecto).
i		Índice de la verificación.
$CODDLB_t$	$t-C$	Masa de carbono orgánico degradable depositada en los residuos sólidos que se espera sean llevados al relleno sanitario al final período t del escenario de línea base.
$CODDRSLB_{TV_{i-1}}$	$t-C$	Masa de carbono orgánico degradable acumulada en los residuos sólidos que se espera sean depositados en el relleno sanitario al final del período de verificación TV_{i-1} .
k	NA	Constante de reacción, en $t-1$.

La masa de carbono orgánico degradable depositada en los residuos sólidos llevados al relleno sanitario se calcula con la Ecuación 9 (IPCC, 2019).

$$CODDRSLB_t = WLB_t \times FCOD_t \times FCODA_t \times MCF$$

(Ecuación 9)

Variable	Unidades	Descripción
$CODDRSLB_t$	$t-C$	Masa de carbono orgánico degradable acumulada en los residuos sólidos que se espera sean depositados en el relleno sanitario, al final del período t .
WLB_t	t	Masa de residuos que se espera sean depositados en el relleno sanitario, en el período t .
$FCOD_t$	NA	Fracción de carbono orgánico degradable en los residuos que se espera sean depositados en el período t .
$FCODA_t$	NA	Fracción del carbono orgánico degradable que se descompone en condiciones anaeróbicas en el período t .
MCF	NA	Factor de corrección de metano por descomposición aeróbica en el año de deposición.

A su vez, el $FCOD_t$ se calcula con la Ecuación 10:

$$FCOD_t = \sum_{r=1}^R (FCOD_{r,t} \times F_{r,t})$$

(Ecuación 10)

Variable	Unidades	Descripción
$FCOD_t$	NA	Fracción de carbono orgánico degradable en los residuos que se espera sean depositados en el período t .
$FCOD_{r,t}$	NA	Fracción de carbono degradable para los grupos o clases de residuo r del período t de escenario de línea base.
r	NA	Índice del grupo o clase de residuo.
$F_{r,t}$	NA	Proporción de la clase o tipo de residuo r con respecto al total de residuos en el relleno sanitario en el período t .
R	NA	Número total de grupos o clases de residuos.

Tanto en los valores incluidos en la ecuación, como los que sean empleados para calcularlos (coeficientes, factores o poderes caloríficos usados en la metodología), se debe seguir la orientación de la Guía de Buenas Prácticas del IPCC (IPCC, 2000).

Todos los valores usados en las anteriores ecuaciones, así como las decisiones adoptadas en cuanto a los períodos de la línea base, deben ser soportados por parte del responsable del proyecto, cumpliendo los principios señalados en el presente documento y en la versión vigente del Protocolo de CERCARBONO.

Además de los lineamientos descritos anteriormente, en cualquier caso, se deben atender los lineamientos de la determinación y cuantificación de las emisiones de la línea base de la versión vigente del Protocolo de CERCARBONO.

6.3.2 Generación de energía eléctrica con combustibles fósiles

La línea base de la generación de energía con combustibles fósiles está relacionada con que los mismos estén o no conectados a una red interconectada, por lo cual se describen a continuación dos alternativas para la construcción de la línea base para estas condiciones. El desarrollador del proyecto debe emplear la que se adapte a sus condiciones particulares.

6.3.2.1 Generación de energía eléctrica de una red eléctrica interconectada

En los casos en los que se demuestra que en ausencia del **PR-GEI/MR-ER_DE**, la electricidad habría sido proporcionada por una red eléctrica interconectada y generada bajo la mezcla eléctrica (“mix”) que tenga la zona de influencia, la línea base genérica de los proyectos debe estar relacionada con las emisiones que se habrían generado para una cantidad equivalente de electricidad a la producida por el proyecto, pero con electricidad producida en la red interconectada y sus emisiones asociadas, en los períodos de tiempo para los cuales se requiera la comparación. En este escenario, el cálculo de la línea base se debe realizar con la Ecuación 11.

$$EELB_t = EEDP_t \times FEDRI_t$$

(Ecuación 11)

Variable	Unidades	Descripción
$EELB_t$	$t-CO_2e$	Emisiones de GEI por la generación de energía eléctrica que se espera sea producida en el período t del escenario de línea base.
$EEDP_t$	MWh	Energía eléctrica que se espera sea desplazada por el proyecto en el período t del escenario de proyecto.
$FEDRI_t$	$t-CO_2e/MWh$	Factor de emisión de CO_2 de la red interconectada, para la electricidad que se espera sea desplazada por la producida por el proyecto durante el período t .

El nivel de desagregación en los datos puede ser determinado por parte del responsable del proyecto, pero en general se pueden incluir valores anuales para el período t .

El $FEDRI_t$ es calculado por los responsables de la red eléctrica interconectada (UPME, para el caso de Colombia)⁴ y su último valor disponible puede ser usado por el responsable del proyecto para determinar las emisiones de la línea base, caso en el cual no deberán demostrarse los valores asociados a su cálculo, pero sí su origen y la fiabilidad de la fuente empleada; o (ii) puede ser calculado y soportado directamente por el responsable del proyecto, caso en el cual deberá encargarse de la demostración del valor usado. Todos los valores deben elegirse de manera conservadora y su elección debe justificarse. Para el cálculo del factor de emisión de una red interconectada, cuando esta situación sea necesaria, se debe emplear la metodología desarrollada por el MDL⁵.

Tanto en los valores incluidos en la ecuación, como los que sean empleados para calcularlos (coeficientes, factores o poderes caloríficos usados en la metodología), se debe seguir la orientación de la Metodología de Buenas Prácticas del IPCC (IPCC, 2000).

Todos los valores usados en la anterior ecuación, así como las decisiones adoptadas en cuanto a los períodos de la línea base, deben ser soportados por parte del responsable del proyecto, cumpliendo los principios señalados en el presente documento y en la versión vigente del Protocolo de CERCARBONO.

6.3.2.2 Generación de energía eléctrica en una Zona No Interconectada (ZNI)

En los casos en que los PR-GEI/MR-ER_DE suministren energía eléctrica a una ZNI, pueden existir dos alternativas para desarrollar la línea base: (i) que la zona en la que se suministra la electricidad con el proyecto de GEI ya tenga un suministro anteriormente con fuentes fósiles o más intensivas en emisiones de GEI que las emisiones del proyecto, y (ii) que la ZNI no tenga un suministro eléctrico antes del desarrollo del proyecto de GEI.

Si la zona interconectada ya tenía un suministro anteriormente, y dicho suministro provenía de una mezcla de fuentes de energía fósil o era provisto por una sola fuente, la línea base será dinámica y se debe determinar con la siguiente Ecuación:

$$EELB_t = EEDP_t \times \sum_{c=1}^C \sum_{t=1}^T \left(\left(\frac{CCZNI_{c,t} \times FEC_c}{EEZNI_t} \times WMO \right) + (FEMCZNI_t \times WMC) \right)$$

(Ecuación 12)

Variable	Unidades	Descripción
$EELB_t$	$t-CO_2e$	Emisiones de GEI por la generación de energía eléctrica que se espera sea producida en el período t del escenario de línea base.

⁴ UPME, publica los factores de emisión del Sistema Interconectado Nacional del Colombia en el sitio Web: <https://www1.upme.gov.co/siame/Paginas/calculo-factor-de-emision-de-Co2-del-SIN.aspx>

⁵ Utilizar la última versión de la herramienta del MDL "Methodological tool to calculate the emission factor for an electricity system".

Variable	Unidades	Descripción
$EEDP_t$	<i>MWh</i>	Energía eléctrica que se espera sea desplazada por el proyecto en el período t del escenario de proyecto.
$CCZNI_{c,t}$	<i>Según combustible</i>	Consumo del combustible c por cada unidad de generación perteneciente a la Zona No Interconectada, en unidades de masa o volumen, según corresponda en el período t del escenario de línea base.
c	Índice de la clase o tipo de combustible	
FEC_c	<i>NA</i>	Factor de emisión de CO ₂ para el combustible c con el que se genera electricidad en la ZNI y que es desplazada por la producida por el proyecto.
$EEZNI_t$	<i>MWh</i>	Energía eléctrica total generada en la ZNI en el período t del escenario de línea base.
WMO	<i>%</i>	Ponderación del factor de emisiones del margen de operación (porcentaje), calculado mediante el procedimiento propuesto en la metodología MDL más actualizada ⁶ .
$FEMCZNI_t$	<i>NA</i>	Factor de emisión del margen de construcción en la Zona No Interconectada, para el período de tiempo t .
WMC	<i>%</i>	Ponderación del factor de emisiones del margen de construcción (porcentaje), calculado mediante el procedimiento propuesto en la metodología MDL ⁶ más actualizada.
C	Cantidad total de combustibles.	
T	<i>Meses o años</i>	Duración total del PR-GEI/MR-ER_DE, en las mismas unidades que se usan para t .

El nivel de desagregación en los datos puede ser determinado por parte del responsable del proyecto, pero en general se pueden incluir valores anuales para el período t . WMO y WCM pueden ser definidos según la metodología MDL más actualizada⁶.

Para los FEC_c se recomienda usar los factores de emisión oficiales para el país (los generados por UPME, para el caso de Colombia)⁷.

⁶ Véase el cálculo del Factor del Margen Combinado de la versión más reciente de la herramienta metodológica del MDL 07.

⁷ UPME, publica los factores de emisión de los combustibles colombianos en el sitio Web: http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html.

El período total del cual se calcule la línea base debe tener correspondencia directa con el tiempo de vida útil de la tecnología empleada en el proyecto de GEI, sin superar los veinte años como máximo período de comparación.

Si el tiempo de vida útil de la tecnología empleada para el suministro de energía en la ZNI que está asociada a la línea base es menor que la vida útil de la tecnología empleada en el proyecto de GEI, se deben estimar las emisiones de los años restantes luego de la obsolescencia de la tecnología actual de la ZNI, identificando la opción que se relacione de forma más cercana a lo que presumiblemente ocurriría en ausencia del proyecto de GEI; es decir, sustentando si presumiblemente la zona podría conectarse a la red interconectada (caso en el cual se usaría la Ecuación 11 para proyectar la línea base del proyecto) o si se podría continuar suministrando electricidad de forma no interconectada (lo que llevaría a emplear la Ecuación 12 con los cambios pertinentes, de acuerdo con la proyección realizada); en ningún caso la línea base podrá proyectarse durante un período de tiempo que supere la vida útil de la tecnología.

Todos los valores usados en la ecuación anterior, así como las decisiones adoptadas en cuanto a los períodos y condiciones en las que se proponga la línea base, deben ser soportados por parte del responsable del proyecto, cumpliendo los principios señalados en presente documento.

Cuando la ZNI no tenga un suministro eléctrico antes del inicio del **PR-GEI/MR-ER_DE**, el responsable del proyecto de GEI podrá usar alguna de las dos ecuaciones descritas anteriormente, demostrando que la opción elegida es la que se relaciona de forma más cercana a lo que presumiblemente ocurriría en la zona no interconectada, en ausencia del proyecto de GEI (conectarse a la red interconectada o suministrar electricidad de forma no interconectada). En cualquiera de las opciones, se debe demostrar la adicionalidad del proyecto de GEI desarrollado y elegir la opción más conservadora.

Además de los lineamientos descritos anteriormente, en cualquier caso, se deben atender los lineamientos de la determinación y cuantificación de las emisiones de la línea base de la versión vigente del Protocolo de CERCARBONO.

6.3.3 Generación de energía térmica con combustibles fósiles

En los casos en los que el biogás sea usado para desplazar el uso de combustibles fósiles en la generación de energía térmica, la línea base se debe determinar con la siguiente Ecuación:

$$EETCFLB_t = MBDCFP_t \times \frac{PCMB}{PCCC} \times FECDP$$

(Ecuación 13)

Variable	Unidades	Descripción
$EETCFLB_t$	$t-CO_2e$	Emisiones de GEI por la generación de energía térmica con combustibles fósiles que se espera sea desplazada durante el período t del escenario de línea base.
$MBDCFP_t$	t	Metano en el biogás que se espera sea usado para desplazar el combustible fósil en el período t del escenario de proyecto.

Variable	Unidades	Descripción
PCMB	<i>MJ/t</i>	Poder calorífico inferior del metano.
PCCC	<i>MJ/unidad de masa o volumen de combustible.</i>	Poder calorífico inferior del combustible fósil desplazado por el uso de biogás.
FECDP	<i>t-CO_{2e} /unidad de masa o volumen, según corresponda.</i>	Factor de emisión de CO ₂ para el combustible que está siendo desplazado por el biogás capturado por el proyecto.

El nivel de desagregación en los datos puede ser determinado por parte del responsable del proyecto, pero en general se pueden incluir valores anuales para el tiempo t .

Para los **FECDP** se recomienda usar los factores de emisión oficiales para el país (los generados por UPME, para el caso de Colombia)⁸.

El período total del cual se calcule la línea base debe tener correspondencia directa con el tiempo de vida útil de la tecnología empleada en el proyecto de GEI, sin que supere los veinte años como máximo el período de comparación.

Todos los valores usados en la ecuación anterior, así como las decisiones adoptadas en cuanto a los períodos y condiciones en las que se proponga la línea base, deben ser soportados por parte del responsable del proyecto, cumpliendo los principios señalados en el presente documento.

Además de los lineamientos descritos anteriormente, en cualquier caso, se deben atender los lineamientos de la determinación y la cuantificación de las emisiones de la línea base de la versión vigente del Protocolo de CERCARBONO.

6.3.4 Inyección de biogás en sistemas de distribución de gas natural

En los casos en los que el biogás sea usado para inyectarlo en redes de distribución de gas natural, desplazando el uso de este combustible, la línea base se debe determinar con la Ecuación 14.

$$EGNLB_t = \left(MBDGNP_t \times \frac{PCMB}{PCGN} \times FEGNP \right) + \left(MBDGNP_t \times \frac{PCMB}{PCGN} \times PPRDGNP_t \times PMGNRP_t \times PCGMB \right)$$

(Ecuación 14)

⁸ La UPME, publica los factores de emisión de los combustibles colombianos en el sitio Web: http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html.

Variable	Unidades	Descripción
<i>EGNLB_t</i>	<i>t-CO₂e</i>	Emisiones de GEI por el gas natural que se espera sea desplazado por el uso de Metano en el biogás de relleno sanitario en el período <i>t</i> del escenario de línea base.
<i>MBDGNP_t</i>	<i>t</i>	Metano en el biogás que se espera sea usado para desplazar gas natural en el período <i>t</i> .
<i>PCMB</i>	<i>MJ/t</i>	Poder calorífico inferior del metano.
<i>PCGN</i>	<i>MJ/unidad de masa o volumen de gas natural.</i>	Poder calorífico inferior del gas natural desplazado por el uso de metano del biogás.
<i>FEGNP</i>	<i>t-CO₂e/unidad de masa o volumen de gas natural según corresponda</i>	Factor de emisión de CO ₂ del gas natural que está siendo desplazado por el biogás capturado por el proyecto.
<i>PPRDGNP_t</i>	<i>%</i>	Porcentaje de pérdidas en la red de distribución de gas natural en el período <i>t</i> .
<i>PMGNRP_t</i>	<i>%</i>	Porcentaje de metano en el gas natural distribuido en la red en el período <i>t</i> del escenario de línea base.
<i>PCGMB</i>	<i>NA</i>	Potencial de calentamiento global del metano.

El nivel de desagregación en los datos puede ser determinado por parte del responsable del proyecto, pero en general se pueden incluir valores anuales para el período de tiempo ***t***.

Para el ***FEGNP*** se recomienda usar los factores de emisión oficiales para el país (los generados por la UPME, para el caso de Colombia)⁹.

El período total para el cual se calcule la línea base debe tener correspondencia directa con el tiempo de vida útil de la tecnología empleada en el proyecto de GEI, sin superar los veinte años como máximo período de comparación.

Todos los valores usados en la ecuación anterior, así como las decisiones adoptadas en cuanto a los períodos y las condiciones en las que se proponga la línea base, deben ser soportados por parte del responsable del proyecto, cumpliendo con los principios señalados en el presente documento.

⁹ La UPME, publica los factores de emisión de los combustibles colombianos en el sitio Web: http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html

Además de los lineamientos descritos anteriormente, en cualquier caso, se deben atender los lineamientos de la determinación y cuantificación de las emisiones de la línea base de la versión vigente del Protocolo de CERCARBONO.

6.3.5 Distribución de biogás en sistemas dedicados exclusivamente o en carrotaques.

En los casos en los que el biogás sea usado para inyectarlo en redes de distribución exclusiva de biogás o para su comercialización a través de carrotaque, desplazando el uso de combustibles de origen fósil, la línea base se debe determinar con la siguiente Ecuación:

$$ECFLB_t = \left(MBDCFSRCLB_t \times \frac{PCMB}{PCCC} \times FECDP \right) + \left(MBDCFSRCLB_t \times \frac{PCMB}{PCCC} \times PPRDCFLB_t \times PMCFRLB_t \times PCGMB \right)$$

(Ecuación 14)

Variable	Unidades	Descripción
$ECFLB_t$	$t\text{-CO}_2e$	Emisiones por consumo de combustible fósil que se espera sea desplazado por el uso de Metano en el biogás proveniente de tuberías dedicadas exclusivamente a la distribución de este gas o por distribución en carrotaques en el período t del escenario de línea base.
$MBDCFSRCLB_t$	t	Metano en el biogás que se espera sea usado para desplazar el combustible fósil que se usaría si no hubiera distribución en redes exclusivas o en carrotaques, del metano de biogás de relleno sanitario en el período t del escenario de línea base.
$PCMB$	MJ/t	Poder calorífico inferior del metano.
$PCCC$	$MJ/unidad\ de\ masa\ o\ volumen\ de\ combustible.$	Poder calorífico inferior del combustible fósil desplazado por el uso de biogás.
$FECDP$	$t\text{-CO}_2e/unidad\ de\ masa\ o\ volumen,\ según\ corresponda.$	Factor de emisión de CO ₂ para el combustible desplazado por el biogás capturado por el proyecto.
$PPRDCFLB_t$	$\%$	Porcentaje de pérdidas en la red de distribución de combustible fósil (si es aplicable) en el período t del escenario de línea base.

Variable	Unidades	Descripción
$PMCFRLB_t$	%	Porcentaje de metano en el combustible fósil distribuido en la red (si es aplicable) en el período t del escenario de línea base.
$PCGMB$	NA	Potencial de calentamiento global del metano.

El nivel de desagregación en los datos puede ser determinado por parte del responsable del proyecto, pero en general se pueden incluir valores anuales para el período de tiempo t .

Para los *FECDP* se recomienda usar los factores de emisión oficiales para el país (los generados por UPME, para el caso de Colombia)¹⁰.

El período total del cual se calcule la línea base debe tener correspondencia directa con el tiempo de vida útil de la tecnología empleada en el proyecto de GEI, sin que supere los veinte años como máximo período de comparación.

Todos los valores usados en la ecuación anterior, así como las decisiones adoptadas en cuanto a los períodos y condiciones en las que se proponga la línea base, deben ser soportados por parte del responsable del proyecto, cumpliendo los principios señalados en presente documento.

Además de los lineamientos descritos anteriormente, en cualquier caso, se deben atender los lineamientos de la determinación y la cuantificación de las emisiones de la línea base de la versión vigente del Protocolo de CERCARBONO.

6.4 Cobeneficios

Los cobeneficios son los resultados positivos que el proyecto genera en los diferentes actores que se ubican o intervienen en el área del proyecto. Estos resultados son diferentes a los aportes generados en el contexto de la mitigación del cambio climático. Estos pueden ser de tipo social, ambiental, económico, cultural o político, y pueden ser identificados en un formato como el que se ejemplifica en la Tabla 2.

¹⁰ La UPME, publica los factores de emisión de los combustibles colombianos en el sitio Web: http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html

Tabla 2. Ejemplo de identificación y descripción de cobeneficios que un **PR-GEI/ MR-ER_DE** puede generar.

Tipo de cobeneficio	Beneficiario	Indicador
Social	Comunidad cercana al proyecto.	Cantidad de empleos generados en la región.
Ambiental	Comunidad en general.	Cantidad de contaminantes reducidos.
Económico	Comunidad cercana al proyecto.	Cantidad de impuestos pagados por el proyecto a la comunidad local.
Cultural	Comunidad cercana al proyecto.	Número de eventos de promoción cultural o reforzamiento de saberes ancestrales.
Político	Comunidades integradas.	Cantidad de nuevos beneficiarios por la integración energética.

Además de los lineamientos descritos anteriormente, en cualquier caso, se deben atender los requisitos sobre cobeneficios descritos en la versión vigente del Protocolo de CERCARBONO.

7 Escenario de proyecto

7.1 Fuentes de emisión de GEI en el escenario de proyecto

Las fuentes de emisión a considerar en el escenario del proyecto se describen a continuación en la Tabla 3:

Tabla 3. Fuentes de emisión en el escenario de proyecto

Fuente	GEI	Incluido	Explicación
Destrucción por combustión del metano proveniente del biogás de relleno sanitario en una antorcha.	CO ₂	No	La quema de metano procedente de biogás de relleno sanitario genera emisiones asociadas a la eficiencia de la destrucción, ya sea en un motor de combustión o en una antorcha. Considerando que el CO ₂ generado en la combustión es biogénico, no se contabiliza. No se considera el N ₂ O porque la cantidad producida es despreciable.
	CH ₄	Sí	
	N ₂ O	No	
Consumo de combustibles fósiles en procesos auxiliares.	CO ₂	Sí	Quema de combustibles fósiles para la generación de electricidad y para el arranque de sistemas térmicos. Quema de combustibles fósiles en carrotanques para la distribución de metano procedente biogás de relleno sanitario.
	CH ₄	No	
	N ₂ O	No	
Consumo eléctrico de sistemas de control y auxiliares.	CO ₂	Sí	El consumo de energía externo a la planta (tomado de una red centralizada o de un tercero) de los sistemas que controlen la generación de electricidad del proyecto.
Perdidas de metano en redes de distribución.	CH ₄	Sí	Perdidas de metano presente en el biogás capturado en rellenos sanitarios y distribuido en redes o en carrotanques.

7.2 Fugas

En el caso de los proyectos que emplean metano proveniente de biogás de relleno sanitario no se consideran fugas. Las emisiones GEI debidas a acciones como la construcción de las centrales de generación, la preparación del uso del suelo, las emisiones aguas arriba por el uso de combustibles fósiles para el transporte, la extracción o el procesamiento de la tecnología empleada en el **PR-GEI/MR-ER_DE** se consideran despreciables.

7.3 Cálculo de emisiones de GEI en el escenario de proyecto

Las emisiones generadas en el escenario del proyecto (ETP_t) pueden ser calculadas con la Ecuación 16:

$$ETP_t = EDMB_t + ECCAP_t + EEEP_t + EPMBRP_t + EPMBVCP_t$$

(Ecuación 16)

Variable	Unidades	Descripción
ETP_t	$t-CO_2e$	Emisiones totales de GEI en el período t del escenario de proyecto.
$EDMB_t$	$t-CO_2e$	Emisiones por destrucción en antorcha del metano proveniente del biogás de relleno sanitario, en el período t del escenario de proyecto.
$ECCAP_t$	$t-CO_2e$	Emisiones del proyecto por consumo de combustibles en procesos auxiliares (generación auxiliar de energía eléctrica, arranque de equipos térmicos, distribución de metano en el biogás en carrotanques, entre otros.), en el período t del escenario de proyecto.
$EEEP_t$	$t-CO_2e$	Emisiones provenientes del consumo de energía eléctrica en sistemas auxiliares y de control en el período t del escenario de proyecto.
$EPMBRP_t$	$t-CO_2e$	Emisiones de GEI por pérdidas de metano en redes y sistemas de distribución por tubería en el período t del escenario de proyecto.
$EPMBVCP_t$	$t-CO_2e$	Emisiones de GEI por pérdidas de metano en sistemas de distribución mediante vehículos y carrotanques en el período t del escenario de proyecto.

El nivel de desagregación en los datos puede ser determinado por parte del responsable del proyecto, pero en general se pueden incluir valores anuales para el período de tiempo t . Debe existir correspondencia entre los valores de t usados para el establecimiento de las emisiones de GEI del proyecto y los usados para la estimación del escenario de línea base.

El período de generación de emisiones del proyecto estará determinado por la vida útil de la tecnología principal. Este valor debe ser definido y soportado por el responsable del proyecto de GEI y no debe superar la vida útil de la tecnología.

El responsable del proyecto debe identificar y calcular cualquier otra fuente de emisiones que puedan ser aplicables al proyecto de GEI. La elección de las metodologías para calcular las emisiones del proyecto de GEI corresponde al responsable del proyecto; las mismas deben ser reconocidas y basarse en los lineamientos del IPCC para el cálculo de emisiones, y estas deben cumplir con todos los principios señalados en el presente documento y en la versión vigente del Protocolo de CERCARBONO.

Todos los valores usados en la ecuación, así como los resultados obtenidos deben ser soportados por parte del responsable del proyecto.

Además de los lineamientos descritos anteriormente, en cualquier caso, se deben atender los lineamientos descritos en la versión vigente del Protocolo de CERCARBONO, con respecto a emisiones del proyecto.

7.2.1 Emisiones del proyecto por la destrucción en antorcha del metano proveniente del biogás de relleno sanitario

En los casos en los que el metano del biogás capturado del relleno sanitario sea destruido en antorcha, esta parte de las emisiones del proyecto se debe determinar con la siguiente ecuación:

$$EDMB_t = \sum_{m=1}^{TTE} (MBQAP_{t,m} \times (1 - EDMAP_t) \times PCGMB)$$

(Ecuación 17)

Variable	Unidades	Descripción
$EDMB_t$	$t-CO_2e$	Emisiones por destrucción en antorcha del metano proveniente del biogás de relleno sanitario, en el período t del escenario de proyecto.
$MBQAP_{t,m}$	t	Metano en el biogás destruido en la antorcha durante el período m de medición y en el período t del escenario de proyecto.
$EDMAP_t$	%	Eficiencia de destrucción de metano en la antorcha en el período t del escenario de proyecto.
$PCGMB$	NA	Potencial de calentamiento global del metano.
m	min	Índice del minuto en el que se está haciendo el seguimiento al metano destruido en antorcha.
TTE	min	Período de tiempo total para el que se realiza la evaluación, cuantificado en minutos.

El nivel de desagregación temporal en el seguimiento a los datos de $MBQAP_{t,m}$ y $EDMAP_t$, debe registrarse minuto a minuto, y el período de seguimiento puede ser definido por el desarrollador del proyecto, pero en general se pueden incluir valores anuales para dicho período. Debe existir correspondencia entre los valores de t usados para el establecimiento de las emisiones de GEI del proyecto y los usados para la estimación del escenario de línea base.

El período de generación de emisiones del proyecto estará determinado por la vida útil de la tecnología principal usada para la quema del biogás. Este valor debe ser definido y soportado por el responsable del proyecto de GEI y no debe superar la vida útil del relleno sanitario.

Todos los valores usados en la ecuación, así como los resultados obtenidos deben ser soportados por parte del responsable del proyecto.

Además de los lineamientos descritos anteriormente, en cualquier caso, se deben atender los lineamientos descritos en la versión vigente del Protocolo de CERCARBONO con respecto a emisiones del proyecto.

7.2.2 Emisiones del proyecto por el consumo de combustible fósil en procesos auxiliares

En los casos en los que en el marco del proyecto se generen consumos de combustibles fósiles para el desarrollo de actividades auxiliares, como: la generación de energía eléctrica, el funcionamiento de sistemas térmicos, el transporte del metano recuperado en carrotaques, entre otros posibles usos, esta parte de las emisiones del proyecto se debe determinar con la Ecuación 18.

$$ECCAP_t = \sum_{c=1}^c (CCP_{c,t} \times FECDP)$$

(Ecuación 18)

Variable	Unidades	Descripción
$ECCAP_t$	$t-CO_2e$	Emisiones del proyecto por consumo de combustibles en procesos auxiliares (generación auxiliar de energía eléctrica, arranque de equipos térmicos, distribución de metano en el biogás en carrotaques, entre otros.) en el período t del escenario de proyecto.
c	NA	Índice del tipo de combustible fósil consumido en el proyecto.
C	NA	Cantidad total de tipos de combustibles fósiles consumidos en el proyecto.
$CCP_{c,t}$	<i>Unidad de masa o volumen, según combustible.</i>	Cantidad de combustible fósil del tipo c consumido en el proyecto, en unidades de masa o volumen del combustible fósil en el período t del escenario de proyecto.
$FECDP$	$t-CO_2e$ /unidad de masa o volumen, según corresponda.	Factor de emisión de CO_2 para el combustible que está siendo desplazado por el biogás capturado por el proyecto.

El nivel de desagregación en los datos puede ser determinado por parte del responsable del proyecto, pero en general se pueden incluir valores anuales para el período de tiempo t . Debe existir correspondencia entre los valores de t usados para el establecimiento de las emisiones de GEI del proyecto y los usados para la estimación del escenario de línea base.

El período de generación de emisiones del proyecto estará determinado por la vida útil de la tecnología principal usada para la captura y/o aprovechamiento del biogás. Este valor debe ser definido y soportado por el responsable del proyecto de GEI y no debe superar la vida útil del relleno sanitario.

Para los FECDP se recomienda usar los factores de emisión oficiales para el país (los generados por la UPME, para el caso de Colombia)¹¹.

Todos los valores usados en la ecuación, así como los resultados obtenidos deben ser soportados por parte del responsable del proyecto.

Además de los lineamientos descritos anteriormente, en cualquier caso, se deben atender los lineamientos descritos en la versión vigente del Protocolo de CERCARBONO con respecto a emisiones del proyecto.

7.2.3 Emisiones del proyecto por el consumo de energía eléctrica adquirida de una red externa

En los casos en los que se consuma energía eléctrica adquirida de una red externa para el funcionamiento de los sistemas de captura, destrucción o aprovechamiento del metano presente en el biogás del relleno sanitario, esta parte de las emisiones del proyecto se debe determinar con la siguiente ecuación:

$$EEEP_t = 0.001 \times CTEELB_t \times FEMRE$$

(Ecuación 19)

Variable	Unidades	Descripción
$EEEP_t$	$t-CO_2e$	Emisiones provenientes del consumo de energía eléctrica en sistemas auxiliares y de control en el período t del escenario de proyecto.
$CTEELB_t$	kWh	Consumo de energía eléctrica en kWh en el período t del escenario de línea base.
$FEMRE$	$t-CO_2e / MWh$	Factor de emisión de CO_2 del margen de operación la red eléctrica de suministro de energía.

El nivel de desagregación en los datos puede ser determinado por parte del responsable del proyecto, pero en general se pueden incluir valores anuales para el período de tiempo t . Debe existir correspondencia entre los valores de t usados para el establecimiento de las emisiones de GEI del proyecto y los usados para la estimación del escenario de línea base.

El período de generación de emisiones del proyecto estará determinado por la vida útil de la tecnología principal usada para la captura y/o aprovechamiento del biogás. Este valor debe ser definido y soportado por el responsable del proyecto de GEI y no debe superar la vida útil del relleno sanitario.

Todos los valores usados en la ecuación deben ser soportados por parte del responsable del proyecto, así como los resultados obtenidos deben ser debidamente soportados por el responsable del proyecto.

¹¹ La UPME, publica los factores de emisión de los combustibles colombianos en el sitio Web: http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html

Además de los lineamientos descritos anteriormente, en cualquier caso, se deben atender los lineamientos descritos en la versión vigente del Protocolo de CERCARBONO con respecto a emisiones del proyecto.

7.2.4 Emisiones del proyecto por la pérdida del metano proveniente del biogás de relleno sanitario en sistemas de distribución por tubería

En los casos en los que el metano obtenido del biogás de relleno sanitario sea distribuido en una red que emplee tuberías (sean estas dedicadas exclusivamente a distribuir metano del biogás o si se combina con gas natural), esta parte de las emisiones del proyecto se debe determinar con la Ecuación 20.

$$EPMBRP_t = MBDTP_t \times PPRDBGP_t \times PCGMB$$

(Ecuación 20)

Variable	Unidades	Descripción
$EPMBRP_t$	$t-CO_2e$	Emisiones de GEI por pérdidas de metano en redes y sistemas de distribución por tubería en el período t del escenario de proyecto.
$MBDTP_t$	t	Metano en el biogás distribuido mediante tuberías en el período t .
$PPRDBGP_t$	%	Porcentaje de pérdidas de biogás (o gas natural según corresponda) en la red de distribución en el período t del escenario de proyecto.
$PCGMB$	NA	Potencial de calentamiento global del metano.

El nivel de desagregación en los datos puede ser determinado por parte del responsable del proyecto, pero en general se pueden incluir valores anuales para el período de tiempo t . Debe existir correspondencia entre los valores de t usados para el establecimiento de las emisiones de GEI del proyecto y los usados para la estimación del escenario de línea base.

El período de generación de emisiones del proyecto estará determinado por la vida útil de la tecnología principal usada para la captura y/o aprovechamiento del biogás. Este valor debe ser definido y soportado por el responsable del proyecto de GEI y no debe superar la vida útil del relleno sanitario.

Todos los valores usados en la ecuación deben ser soportados por parte del responsable del proyecto, así como los resultados obtenidos deben ser debidamente soportados por el responsable del proyecto. Se asume en el caso de las redes de distribución donde hay combinación con gas natural, que las pérdidas son equivalentes en su porcentaje para los dos combustibles mezclados.

Además de los lineamientos descritos anteriormente, en cualquier caso, se deben atender los lineamientos descritos en la versión vigente del Protocolo de CERCARBONO con respecto a emisiones del proyecto.

7.2.5 Emisiones del proyecto por la pérdida del metano proveniente del biogás de relleno sanitario en sistemas de distribución con carrotanque

En los casos en los que el metano obtenido del biogás de relleno sanitario sea distribuido mediante el uso de vehículos carrotanques, la línea base se debe determinar con la siguiente ecuación:

$$EPMBVCP_t = (MBDCP_t - MBDCD_t) \times PCGMB$$

(Ecuación 21)

Variable	Unidades	Descripción
$EPMBVCP_t$	$t-CO_2e$	Emisiones de GEI por pérdidas de metano en sistemas de distribución mediante vehículos y carrotanques en el período t del escenario de proyecto.
$MBDCP_t$	t	Metano del biogás del relleno sanitario que es cargado en vehículos carrotanques en el período t del escenario de proyecto.
$MBDCD_t$	t	Metano del biogás del relleno sanitario que es descargado en vehículos carrotanques en el período t del escenario de proyecto.
$PCGMB$	NA	Potencial de calentamiento global del metano.

El nivel de desagregación en los datos puede ser determinado por parte del responsable del proyecto, pero en general se pueden incluir valores anuales para el período de tiempo t . Debe existir correspondencia entre los valores de t usados para el establecimiento de las emisiones de GEI del proyecto y los usados para la estimación del escenario de línea base.

El período de generación de emisiones del proyecto estará determinado por la vida útil de la tecnología principal usada para la captura y/o aprovechamiento del biogás. Este valor debe ser definido y soportado por el responsable del proyecto y no debe superar la vida útil del relleno sanitario.

Todos los valores usados en la ecuación, así como los resultados obtenidos deben ser soportados por parte del responsable del proyecto.

Además de los lineamientos descritos anteriormente, en cualquier caso, se deben atender los lineamientos descritos en la versión vigente del Protocolo de CERCARBONO, con respecto a emisiones del proyecto.

8 Reducción y destrucción de emisiones

La cuantificación de emisiones reducidas se debe obtener mediante una resta entre las emisiones del escenario de línea base y las del proyecto de GEI, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$PTM_t = ELB_t - ETP_t$$

(Ecuación 22)

Variable	Unidades	Descripción
PTM_t	$t-CO_2e$	Potencial total de mitigación <i>ex-ante</i> durante el período t .
ELB_t	$t-CO_2e$	Emisiones de GEI del proyecto en el período t en el escenario de línea base.
ETP_t	$t-CO_2e$	Emisiones totales de GEI en el período t del escenario de proyecto.

Las reducciones de GEI obtenidas por el PR-GEI/MR-ER_DE deberán ser inscritas en la plataforma del RENARE, siempre y cuando correspondan a los compromisos de reducción de emisiones de GEI asumidos por Colombia, que se suma a los esfuerzos de Monitoreo, Reporte y Verificación de Colombia, definidos en la Ley de Cambio Climático y en la Resolución 1447 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por la cual se reglamenta el sistema de monitoreo, reporte y verificación de las acciones de mitigación a nivel nacional.

9 Monitoreo del proyecto de GEI

El responsable del proyecto debe contar con toda la información necesaria para evidenciar que los resultados y las aseveraciones relacionadas con el proyecto cumplen todos los principios y se alinean con los requisitos metodológicos del presente documento, con los señalados en el Protocolo de CERCARBONO y con los numerales 6.9 y 6.11 y los anexos A.3.5, A.3.6 y A.3.8 de la norma ISO 14064-2:2019.

Toda la información y los datos asociados con el proyecto deben ser susceptibles de validación y verificación, bajo los lineamientos de la norma ISO 14064-3:2019 y del Protocolo para la Certificación Voluntaria de Carbono de CERCARBONO

Los proyectos deben realizar una evaluación de incertidumbre durante la fase de planeación y un análisis de incertidumbre en su fase de implementación, acorde con los lineamientos de los anexos A.3.5, A.3.6 y A.3.8 de la norma ISO 14064-2:2019. El responsable del proyecto debe buscar la reducción de la incertidumbre de la información relacionada con el proyecto de GEI.

El responsable del proyecto de GEI debe desarrollar e implementar un plan de monitoreo de este, que debe cumplir las condiciones señaladas en el Protocolo de CERCARBONO y el numeral 6.10 de la ISO 14064-2:2019.

El plan de monitoreo debe contener:

- a) Propósito del monitoreo;
- b) Lista de parámetros medidos y monitoreados;
- c) Tipos de datos e información para reportar, incluyendo unidades de medida;
- d) Origen de los datos;
- e) Metodologías de monitoreo (estimación, modelado o medición), enfoques de cálculo e incertidumbre. En caso de medición, se deben establecer o incluirlos los protocolos de calibración y mantenimiento de equipos de medición, según corresponda;
- f) Frecuencia de monitoreo, considerando las necesidades de las partes interesadas;
- g) Definición de roles y responsabilidades, incluidos los procedimientos para autorizar, aprobar y documentar cambios a los datos registrados;
- h) Controles que incluyan evaluación interna de datos de entrada, transformación y salida, y procedimientos para acciones correctivas (la frecuencia de calibración y mantenimiento debe estar relacionada con las indicaciones del fabricante de elementos de medición y la maquinaria relacionada);
- i) Sistemas de gestión de información de GEI, incluida la ubicación y retención de datos almacenados y la gestión de datos que incluya un procedimiento para la transferencia de datos entre diferentes formas de sistemas o documentación, y
- j) Estructura del reporte de monitoreo.

Los siguientes son los datos que deben ser monitoreados:

Dato o Parámetro	<i>MBCP_t</i>
Unidades	<i>t</i>
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de GEI de la línea base (<i>ELB_t</i>). Registros diarios mínimo.
Descripción	Metano en el biogás que se espera sea capturado, destruido y aprovechado, en un determinado período, en toneladas de metano.
Fuente del dato	Medido por el responsable del proyecto en medidores volumétricos de gas natural. Para determinar el flujo másico, a partir de datos de flujo volumétrico, utilice la última versión de la herramienta metodológica 08 del MDL "Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream".
Frecuencia de calibración	Como mínimo, anualmente.

Dato o Parámetro	<i>MBDCLB_t</i>
Unidades	<i>t</i>
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de GEI de la línea base (<i>ELB_t</i>). Mínimo, registros diarios.
Descripción	Metano en el biogás que se espera sea mediante combustión en el escenario de línea base del proyecto, en el período de tiempo <i>t</i> , en toneladas de metano. Este valor es aplicable en caso de que ya se hiciera destrucción del metano antes del desarrollo del proyecto, en caso contrario, <i>MBDCLB_t = 0</i> .
Fuente del dato	Estimado por el responsable del proyecto a partir de las mediciones de <i>MBCP_t</i> realizadas en medidores volumétricos. Para determinar el flujo másico a partir de datos de flujo volumétrico, utilice la última versión de la herramienta metodológica 08 del MDL "Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream".
Frecuencia de calibración	Como mínimo, anualmente.

Dato o Parámetro	OX_t
Unidades	Fracción
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de GEI de la línea base, ELB_t .
Descripción	Fracción del metano oxidado en el período t .
Fuente del dato	IPCC. 2019. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5 Waste. Chapter 3: Solid Waste Disposal. Table 3.2 Oxidation factor (OX) for SWDS.

Dato o Parámetro	$MBDCAM_{t,j}$
Unidades	t
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de GEI de la línea base, ELB_t . Mínimo, registros diarios.
Descripción	Metano en el biogás destruido por combustión en el proyecto, en el período j de la verificación i .
Fuente del dato	Medido por el responsable del proyecto en medidores volumétricos. Para determinar el flujo másico a partir de datos de flujo volumétrico, utilice la última versión de la herramienta metodológica 08 del MDL "Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream".
Frecuencia de calibración	Como mínimo, anualmente.

Dato o Parámetro	$MBEEM_{i,j}$
Unidades	t
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de GEI de la línea base, ELB_t . Mínimo, registros diarios.
Descripción	Metano en el biogás aprovechado para la producción de energía eléctrica en el proyecto en el período j de la verificación i .
Fuente del dato	Medido por el responsable del proyecto en medidores volumétricos. Para determinar el flujo másico a partir de datos de flujo volumétrico, utilice la última versión de la herramienta metodológica 08 del MDL "Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream".

Dato o Parámetro	<i>MBEEM_{i,j}</i>
Frecuencia de calibración	Como mínimo, anualmente.

Dato o Parámetro	<i>MBETM_{i,j}</i>
Unidades	<i>t</i>
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero de la línea base, <i>ELB_t</i> . Mínimo, registros diarios.
Descripción	Metano en el biogás aprovechado para la producción de energía térmica en el proyecto en el período <i>j</i> de la verificación <i>i</i> .
Fuente del dato	Medido por el responsable del proyecto en medidores volumétricos. Para determinar el flujo másico a partir de datos de flujo volumétrico, utilice la última versión de la herramienta metodológica 08 del MDL “ <i>Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream</i> ”.
Frecuencia de calibración	Como mínimo, anualmente.

Dato o Parámetro	<i>MBGNM_{i,j}</i>
Unidades	<i>t</i>
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de GEI de la línea base, <i>ELB_t</i> . Mínimo, registros diarios.
Descripción	Metano en el biogás aprovechado para la inyección en sistemas de distribución de gas natural en el período <i>j</i> de la verificación <i>i</i> .
Fuente del dato	Medido por el responsable del proyecto en medidores volumétricos. Para determinar el flujo másico a partir de datos de flujo volumétrico, utilice la última versión de la herramienta metodológica 08 del MDL “ <i>Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream</i> ”.
Frecuencia de calibración	Como mínimo, anualmente.

Dato o Parámetro	$MBDCM_{ij}$
Unidades	t
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero de la línea base, ELB_t . Mínimo, registros diarios.
Descripción	Metano en el biogás inyectado en sistemas de distribución dedicados exclusivamente al biogás o para distribución en carrotanques en el período j de la verificación i .
Fuente del dato	Medido por el responsable del proyecto en medidores volumétricos. Para determinar el flujo másico a partir de datos de flujo volumétrico, utilice la última versión de la herramienta metodológica 08 del MDL "Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream".
Frecuencia de calibración	Como mínimo, anualmente.

Dato o Parámetro	η_{SC}
Unidades	NA
Periodicidad	NA
Descripción	Eficiencia del sistema de captura de biogás (o del sistema que va a ser instalado en el relleno sanitario).
Fuente del dato	Especificaciones técnicas del sistema de captura del biogás que va a ser instalado (si está disponible) o un valor del 50 por ciento por defecto.

Dato o Parámetro	F
Unidades	NA
Periodicidad	Se aplicará la mínima frecuencia posible de acuerdo con las capacidades del relleno sanitario para obtener el valor. Mínimo mensual.

Dato o Parámetro	<i>F</i>
Descripción	<p>Fracción de metano en volumen, en el gas generado en el relleno sanitario. Se puede usar el dato propuesto por defecto por IPCC (2019) o puede ser un valor calculado directamente por los responsables del proyecto.</p> <p>a) Valores por defecto. De acuerdo con el IPCC (2019), la mayoría de los desechos en los rellenos sanitarios generan un gas con aproximadamente un 50 % de metano. Solo el material que incluya cantidades sustanciales de grasa o aceite puede generar gas con una cantidad sustancialmente mayor al 50% de metano. Por tanto, se recomienda el uso del valor predeterminado del IPCC para la fracción de metano en el gas de relleno sanitario (0,5).</p> <p>b) Valor medido. La fracción de metano en el gas de vertedero generado no debe confundirse con el metano medido en el gas emitido por los rellenos sanitarios. En el relleno sanitario, el CO₂ se absorbe en el agua de filtración y la condición neutra del relleno sanitario transforma gran parte del CO₂ absorbido en bicarbonato; por lo tanto, es una buena práctica ajustar la absorción de CO₂ en el agua de filtración, si la fracción de metano en el gas de vertedero se basa en mediciones de concentraciones de metano medidas en el gas de vertedero emitido por el relleno sanitario (IPCC, 2019; Bergman, 1995; Kämpfer y Weissenfels, 2001; IPCC, 1997). Los valores medidos deben ser sustentado en el PDD.</p>
Fuente del dato	<p>Valor por defecto: IPCC. 2019. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5 Waste. Chapter 3: Solid Waste Disposal.</p> <p>Valor medido: Medido por el responsable del proyecto.</p>
Frecuencia de calibración	Valor medido: como mínimo, anualmente.

Dato o Parámetro	<i>TVM</i>
Unidades	<i>Año</i>
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de GEI de la línea base <i>ELB_t</i> .
Descripción	Tiempo de Vida media (TVM) del relleno sanitario. Se recomienda atender los lineamientos dados en la metodología IPCC 2019 para la definición del TVM.
Fuente del dato	IPCC. 2019. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5 Waste. Chapter 3: Solid Waste Disposal. Table 3.4 Recommended default half-life (t _{1/2}) values (yr) under tier 1. (Derived from k values obtained in experimental measurements, calculated by models, or used in greenhouse gas inventories and other studies).

Dato o Parámetro	WLB_t
Unidades	t
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de GEI de la línea base, ELB_t .
Descripción	Masa de residuos que se espera sean depositados en el relleno sanitario, en el período t .
Fuente del dato	Medido por el responsable del proyecto. Básculas de recepción de residuos en las entradas de los rellenos sanitarios.
Frecuencia de calibración	Definida por el responsable del proyecto, de acuerdo con su plan de metrología. Como mínimo, anualmente.

Dato o Parámetro	$FCOD_t$
Unidades	NA
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de GEI de la línea base, ELB_t .
Descripción	Fracción de carbono orgánico degradable en los residuos depositados en el período t , en toneladas de C/tonelada de residuos. La fracción $FCOD_t$ es estimada como el promedio entre los grupos o clases de residuos (tipos) o materiales dentro de un relleno sanitario. Se calcula a partir de la ecuación 23.
Fuente del dato	Para la estimación total de la fracción $FCOD_t$, es importante tener precisión con el contenido inerte o no degradable de los residuos contenidos en un relleno sanitario. Este cálculo deberá estar sustentado paso a paso y los valores específicos obtenidos de la información secundaria deberán estar correctamente referenciados (IPCC, 2019).

$$FCODM_{TV_i} = \sum_{r=1}^R \sum_{j=1}^{NP_{Pi}} (FCODM_{r,i,j} \times F_{r,i})$$

(Ecuación 23)

Variable	Unidades	Descripción
$FCODM_{TV_i}$	NA	Fracción de carbono orgánico degradable en los residuos efectivamente depositados en el momento de verificación TV_i .
TV_i		Año de verificación del período i (contado desde el inicio del proyecto).

Variable	Unidades	Descripción
i		Índice de la verificación.
$FCODM_{r,i,j}$		Fracción de carbono orgánico degradable efectivamente ocurrida para los grupos o clases de residuo r en el período j de la verificación i .
r	NA	Índice del grupo o clase de residuo.
$F_{r,i}$	NA	Proporción de la clase o tipo de residuo r con respecto al total de residuos en el relleno sanitario en la verificación i .
R	NA	Número total de grupos o clases de residuos.
NP_{Pi}		Número de períodos durante la verificación Pi .

Dato o Parámetro	$FCOD_{r,t}$
Unidades	NA
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero de la línea base, ELB_t .
Descripción	<p>Fracción del carbono orgánico degradable que se descompone en condiciones anaeróbicas para el grupo o clase de residuo r, en el período t. Según el IPCC (2019) es una buena práctica utilizar valores de la fracción $FCOD_{r,t}$ estimada para los distintos tipos de residuos. Se recomienda usar los valores propuestos por IPCC (2019) para los diferentes tipos de residuos, con diferente grado de biodegradabilidad. De no existir esta información para un relleno sanitario el valor predeterminado de la $FCOD_{r,t}$ será de 0,5 como se recomienda en las directrices IPCC 2006 (IPCC, 2019).</p> <p>Se recomienda atender a los demás lineamientos de la Metodología IPCC 2019 para la presentación del valor de $FCOD_{r,t}$.</p>
Fuente del dato	IPCC. 2019. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5 Waste. Chapter 3: Solid Waste Disposal. Table 3.0 (new) Fraction of degradable organic carbon which decomposes (DOC_t) for different waste types.

Dato o Parámetro	<i>MCF</i>
Unidades	Adimensional
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de GEI de la línea base, <i>ELB_t</i> .
Descripción	Factor de corrección de metano por descomposición aeróbica en el año de deposición. Este factor de corrección fue determinado por el IPCC 2019, para los valores por defecto de los rellenos sanitarios con y sin aireación activa. Estos últimos conocidos como rellenos semi-aeróbicos pueden ser superficiales o profundos y en su diseño no se contempla la aireación activa. A pesar de ello, en ambos tipos de relleno se presenta una reducción importante de la fracción <i>FCOD_t</i> debido a los procesos de degradación aeróbica, razón que justifica la estimación de factores de corrección cada vez más precisos. Los procesos de aireación afectan principalmente la actividad microbiana resultando en altas fluctuaciones en la emisión de metano, por tanto, se recomienda el uso de valores provenientes de mediciones in situ, con el fin de monitorear este efecto y obtener una medida más precisa (IPCC, 2019). El IPCC (2019), publica los valores promedio para el MCF de acuerdo con las condiciones señaladas, los cuales se recomienda sean usados en las situaciones en las que no se realice medición asociada.
Fuente del dato	IPCC. 2019. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5 Waste. Chapter 3: Solid Waste Disposal. Table 3.1 (updated) SWDS classification and methane correction factors (<i>MCF</i>).
Frecuencia de calibración	No es aplicable.

Dato o Parámetro	<i>EEDP_{i,j}</i>
Unidades	<i>MWh</i>
Periodicidad	Medición continua, con registro al menos cada hora.
Descripción	Energía eléctrica desplazada por el proyecto en el período <i>j</i> de la verificación <i>i</i> . Este valor está directamente relacionado con la cantidad de energía que es producida por el proyecto, ya que es la energía que se evita sea producida mediante otras fuentes de la red interconectada, lo cual ocurriría si el proyecto no se realizara. No se considerarán las pérdidas de energía por transmisión.
Fuente del dato	Medidores totalizadores ubicados en el punto de entrega a la red nacional, local o instalaciones receptoras.
Frecuencia de calibración	Se deben seguir las disposiciones de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), específicamente en la Resolución CREG 038 de 2014, en los casos en los que sea aplicable. En caso contrario, se deben seguir los lineamientos contractuales o recomendaciones del fabricante. Todo lo anterior de acuerdo con los estándares descritos para cada tipo de medidor.

Dato o Parámetro	$FEDRI_t$
Unidades	$t\text{-CO}_2e/MWh$
Periodicidad	Medición continua, con registro al menos cada hora, pero con la misma periodicidad de $EEDP_{i,j}$.
Descripción	Factor de emisión de CO ₂ de la red interconectada, para la electricidad que está siendo desplazada por la producida por el proyecto durante el período t .
Fuente del dato	<p>a) Pueden usarse datos de las emisiones de GEI producidas por unidad de electricidad suministrada, siempre y cuando sean proporcionados por la organización que gestiona la red interconectada o por la autoridad competente en la materia de energía. Para el período de tiempo t del proyecto, el factor de emisión nacional del año $t-1$ (t menos uno) puede ser aplicado, porque usualmente el valor oficial del año t es publicado en el último mes del año $t + 1$ (t más uno).</p> <p>b) El responsable del proyecto puede usar la metodología MDL¹² para el cálculo de factores de emisión de redes eléctricas, o calcularla a partir de la relación entre la cantidad de emisiones producidas por el consumo de combustibles para el suministro de electricidad en la red interconectada y el total de electricidad producida, usando la herramienta para el cálculo del Factor del Margen Combinado de la versión más reciente de la herramienta metodológica del MDL.</p>

Dato o Parámetro	$CCZNI_{c,t}$
Unidades	Unidades de masa o volumen según combustible.
Periodicidad	Puede ser monitoreada con una regularidad mayor, pero en la ecuación debe ser reportada en las mismas unidades temporales de $EEDP_{i,j}$.
Descripción	Consumo del combustible m por cada unidad de generación perteneciente a la ZNI, en unidades de masa o volumen según corresponda, para el período de tiempo t . Si el combustible es un gas, el volumen debe estar normalizado.
Fuente del dato	El dato debe tener como origen la organización que gestiona la red no interconectada o la autoridad competente en la materia de energía en la ZNI.

¹² Utilizar la última versión de la Herramienta 07 "Tool to calculate the emission factor for an electricity system. Methodological tool.

Dato o Parámetro	<i>FEC_c</i>
Unidades	<i>NA</i>
Periodicidad	No es aplicable.
Descripción	Factor de emisión de CO ₂ para el combustible c con el que se genera electricidad en la ZNI y que está siendo desplazada por la producida por el proyecto.
Fuente del dato	El dato debe ser el mismo que sea usado para el inventario nacional de GEI.

Dato o Parámetro	<i>EEZNI</i>
Unidades	<i>MWh</i> por unidad de tiempo <i>t</i> .
Periodicidad	Puede ser monitoreada con una regularidad mayor, pero en la ecuación debe ser reportada en las mismas unidades temporales de <i>EEDP_{i,j}</i> .
Descripción	Energía eléctrica generada en el sistema no interconectado.
Fuente del dato	El dato debe tener como origen la organización que gestiona la red no interconectada o la autoridad competente en la materia de energía en la ZNI.

Dato o Parámetro	<i>WMO</i>
Unidades	Porcentaje
Periodicidad	Puede ser monitoreado con una regularidad mayor, pero en la ecuación debe ser reportado en las mismas unidades temporales de <i>EEDP_{i,j}</i> .
Descripción	Ponderación del factor de emisiones del margen de operación (porcentaje), calculado mediante el procedimiento propuesto en la metodología MDL más actualizada.
Fuente del dato	Para calcular el factor de emisiones del margen de operación use la última versión de la herramienta metodológica del MDL 07 " <i>Tool to calculate the emission factor for an electricity system</i> ".

Dato o Parámetro	$FEMCZNI_t$
Unidades	NA
Periodicidad	Puede ser monitoreado con una regularidad mayor, pero en la ecuación debe ser reportado en las mismas unidades temporales de $EEDP_{i,j}$.
Descripción	Factor de emisión del margen de construcción en la Zona No Interconectada, para el período de tiempo t , calculado mediante el procedimiento propuesto en la metodología MDL más actualizada.
Fuente del dato	Para calcular el factor del Margen de Construcción use la última versión de la herramienta metodológica del MDL 07 "Tool to calculate the emission factor for an electricity system".

Dato o Parámetro	WMC
Unidades	Porcentaje
Periodicidad	Puede ser monitoreado con una regularidad mayor, pero en la ecuación debe ser reportado en las mismas unidades temporales de $EEDP_{i,j}$.
Descripción	Ponderación del factor de emisiones del margen de construcción (porcentaje), calculado mediante el procedimiento propuesto en la metodología MDL más actualizada.
Fuente del dato	Para calcular el factor de emisiones del margen de operación use la última versión de la herramienta metodológica del MDL 07 "Tool to calculate the emission factor for an electricity system".

Dato o Parámetro	$MBDCLB_t$
Unidades	t
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de GEI de la línea base, ELB_t . Registros diarios mínimo.
Descripción	Consumo de metano proveniente del biogás de relleno sanitario que es usado para desplazar el combustible fósil (o proyección de consumo de metano que será usado para desplazar combustible fósil).
Fuente del dato	Medido por el responsable del proyecto en medidores volumétricos. Para determinar el flujo másico a partir de datos de flujo volumétrico, utilice la última versión de la herramienta metodológica 08 del MDL "Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream".
Frecuencia de calibración	Como mínimo, anualmente.

Dato o Parámetro	<i>PCMB</i>
Unidades	<i>MJ/t</i>
Periodicidad	No es aplicable.
Descripción	<i>Poder calorífico inferior del metano.</i>
Fuente del dato	UPME. 2016. Factores de Emisión de los combustibles colombianos FECOC 2016.
Frecuencia de calibración	No es aplicable.

Dato o Parámetro	<i>PCCC</i>
Unidades	<i>MJ/</i> unidad de masa o volumen de combustible.
Periodicidad	No es aplicable.
Descripción	Poder calorífico inferior del combustible fósil desplazado por el uso de biogás.
Fuente del dato	UPME. 2016. Factores de Emisión de los combustibles colombianos FECOC 2016.
Frecuencia de calibración	No es aplicable.

Dato o Parámetro	<i>FECDP</i>
Unidades	<i>t-CO₂e</i> por unidad de masa o volumen del combustible <i>m</i>
Periodicidad	No es aplicable.
Descripción	Factor de emisión de CO ₂ para el combustible que está siendo desplazado por el biogás capturado por el proyecto.
Fuente del dato	El dato debe ser el mismo que sea usado para el inventario nacional de GEI.

Dato o Parámetro	<i>MBGNP_{i,j}</i>
Unidades	<i>t</i>
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de GEI de la línea base, <i>ELB_t</i> . Registros diarios mínimo.
Descripción	Metano en el biogás usado para desplazar gas natural en el período <i>j</i> de la verificación <i>i</i> .
Fuente del dato	Medido por el responsable del proyecto en medidores volumétricos. Para determinar el flujo másico a partir de datos de flujo volumétrico, utilice la última versión de la herramienta metodológica 08 del MDL "Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream".
Frecuencia de calibración	Como mínimo, anualmente.

Dato o Parámetro	<i>PCGN</i>
Unidades	<i>MJ/unidad de masa o volumen de gas natural.</i>
Periodicidad	No es aplicable.
Descripción	Poder calorífico inferior del gas natural desplazado por el uso de metano del biogás
Fuente del dato	UPME. 2016. Factores de Emisión de los combustibles colombianos FECOC 2016.
Frecuencia de calibración	No es aplicable.

Dato o Parámetro	<i>FEGNP</i>
Unidades	<i>t-CO₂e</i> /unidad de masa o volumen de gas natural según corresponda.
Periodicidad	No es aplicable.
Descripción	Factor de emisión de CO ₂ para el gas natural que está siendo desplazado por el biogás capturado por el proyecto.
Fuente del dato	El dato debe ser el mismo que sea usado para el inventario nacional de GEI.

Dato o Parámetro	<i>PPRDGNP_{i,j}</i>
Unidades	Porcentaje
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero de la línea base <i>EEELB_t</i> .
Descripción	Porcentaje de pérdidas en la red de distribución de gas natural en el período <i>j</i> de la verificación <i>i</i> .
Fuente del dato	Proporcionado por los encargados de la administración de la red de gas natural en la que se inyecta en metano proveniente del biogás de relleno sanitario.

Dato o Parámetro	<i>PMGNRP_t</i>
Unidades	Porcentaje
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero de la línea base <i>ELB_t</i> .
Descripción	Porcentaje de metano en el gas natural distribuido en la red.
Fuente del dato	Proporcionado por los encargados de la administración de la red de gas natural en la que se inyecta en metano proveniente del biogás de relleno sanitario.

Dato o Parámetro	<i>MBDCFSRCLB_t</i>
Unidades	<i>t</i>
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero de la línea base <i>ELB_t</i> . Registros diarios mínimo.
Descripción	<i>Consumo de metano proveniente del biogás de relleno sanitario que es usado para desplazar el combustible fósil que se usaría si no hubiera distribución en redes exclusivas o en carrotaques, del metano de biogás de relleno sanitario (o proyección de consumo de metano que será usado para desplazar este combustible fósil).</i>
Fuente del dato	Medido por el responsable del proyecto en medidores volumétricos. Para determinar el flujo másico a partir de datos de flujo volumétrico, utilice la última versión de la herramienta metodológica 08 del MDL "Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream".
Frecuencia de calibración	Como mínimo, anualmente.

Dato o Parámetro	<i>PPRDCFLB_t</i>
Unidades	Porcentaje
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de GEI de la línea base <i>ELB_t</i> .
Descripción	Porcentaje de pérdidas en la red de distribución de combustible fósil (si es aplicable) en el período t del escenario de línea base.
Fuente del dato	Proporcionado por los encargados de la administración de la red de gas natural en la que se inyecta en metano proveniente del biogás de relleno sanitario.

Dato o Parámetro	<i>PMCFRLB_t</i>
Unidades	Porcentaje
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de GEI de la línea base <i>ELB_t</i> .
Descripción	Porcentaje de metano en el combustible fósil distribuido en la red (si es aplicable) en el período t del escenario de línea base.
Fuente del dato	Proporcionado por los encargados de la administración de la red de combustible fósil en la que se inyecta en metano proveniente del biogás de relleno sanitario.

Dato o Parámetro	<i>MBQAP_{i,j}</i>
Unidades	<i>t</i>
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de GEI del escenario de proyecto, <i>ETP_t</i> . Registros son minuto a minuto, de acuerdo con la recomendación del CMNUCC.
Descripción	Metano en el biogás efectivamente quemado en el período <i>j</i> de la verificación <i>i</i> .
Fuente del dato	Medido por el responsable del proyecto en medidores volumétricos. Para determinar el flujo másico a partir de datos de flujo volumétrico, utilice la última versión de la herramienta metodológica 08 del MDL "Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream".
Frecuencia de calibración	Como mínimo, anualmente.

Dato o Parámetro	$EDMAP_t$
Unidades	Porcentaje
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero del escenario de proyecto ETP_t . Registros son minuto a minuto de acuerdo con la recomendación del CMNUCC.
Descripción	<p>Eficiencia de destrucción de metano por combustión en el período t del escenario de línea base, definida como uno menos la relación entre el flujo másico de metano en el gas de escape y el flujo másico de metano en el biogás de relleno sanitario que se va a quemar¹³.</p> <p>La eficacia de destrucción de metano depende de su eficacia en la combustión y del tiempo "t_m" que el dispositivo de quema esté funcionando cuantificado en minutos. Para determinar la eficiencia de las antorchas cerradas, los participantes del proyecto deben determinar la eficiencia en función de los datos monitoreados o la opción de aplicar un valor predeterminado. Para antorchas abiertas, se debe aplicar un valor predeterminado. El tiempo de funcionamiento de la antorcha debe ser cuantificado minuto a minuto y se determina mediante el uso de un detector de llama. En el caso de antorchas encerradas, además, se deben cumplir los requisitos de control proporcionados por las especificaciones del fabricante para las condiciones de funcionamiento.</p>
Fuente del dato	<p>En el caso de las antorchas abiertas, la eficiencia de la antorcha en el minuto m ($EDMAP_t$) es del 50% cuando la llama se detecta en el minuto m ($EDMAP_t$), de lo contrario $EDMAP_t$ es 0%.</p> <p>En el caso de antorchas cerradas, la eficiencia de la antorcha se puede tomar por defecto, como $EDMAP_t$ igual a 90% (El valor anterior se aplica si se cumplen dos condiciones: i. La temperatura de la antorcha y el caudal del gas residual a la antorcha están dentro de las especificaciones del fabricante de la antorcha en el minuto m; y (ii) La llama se detecta en el minuto m); o puede ser medida de acuerdo con los lineamientos del numeral 6.2.2.2 de la última versión de la herramienta metodológica 06 del MDL "Project emissions from flaring".</p>

Dato o Parámetro	$CCP_{c,t}$
Unidades	<i>Masa o volumen combustible fósil.</i>
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero del escenario de proyecto, ETP_t . Registros mensuales mínimo.
Descripción	Cantidad del combustible fósil tipo c consumido en el proyecto, en unidades de masa o volumen del combustible fósil para el período de tiempo t .

¹³ Esta información ha sido tomada de la última versión de la herramienta metodológica 06 del MDL "Project emissions from flaring".

Dato o Parámetro	$CCP_{c,t}$
Fuente del dato	Medido por el responsable del proyecto en medidores volumétricos o máscos, o pesado en básculas según corresponda al tipo de combustible.
Frecuencia de calibración	Como mínimo, anualmente.

Dato o Parámetro	$CTEELB_t$
Unidades	kWh
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero del escenario de proyecto, ETP_t . Mínimo, registros mensuales.
Descripción	Consumo de energía eléctrica en kWh en el período t del escenario de línea base.
Fuente del dato	Medidores totalizadores ubicados en el punto de recepción de energía de la red interconectada nacional o local.
Frecuencia de calibración	Si se trata de un medidor de la empresa de distribución, no es aplicable la calibración; si es un medidor propio, mínimo anual.

Dato o Parámetro	$FEMRE$
Unidades	$t-CO_2e/MWh$
Periodicidad	Igual que la de $CTEELB_t$
Descripción	Factor de emisión de CO_2 del margen de operación la red eléctrica de suministro de energía.
Fuente del dato	<p>a) Pueden usarse datos de las emisiones de GEI producidas por unidad de electricidad suministrada, siempre y cuando sean proporcionados por la organización que gestiona la red interconectada o por la autoridad competente en materia de energía. Para el período de tiempo t del proyecto, el factor de emisión nacional del año $t-1$ (t menos uno) puede ser aplicado, porque usualmente el valor oficial del año t es publicado en el último mes del año $t+1$ (t más uno).</p> <p>b) El responsable del proyecto puede usar la metodología MDL¹⁴ para calcular factores de emisión de redes eléctricas, o para calcularla a partir de la relación entre la cantidad de emisiones</p>

¹⁴ Utilizar la última versión de la Herramienta 07 "Tool to calculate the emission factor for an electricity system".

Dato o Parámetro	<i>FEMRE</i>
	producidas por el consumo de combustibles para el suministro de electricidad en la red interconectada y el total de electricidad producida, usando la última versión de la herramienta para el cálculo del Factor del Margen de Operación del MDL.

Dato o Parámetro	<i>MBDTP_{i,j}</i>
Unidades	<i>t</i>
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero del escenario de proyecto, <i>ETP_t</i> Mínimo, registros mensuales.
Descripción	<i>Metano en el biogás distribuido mediante tuberías en el período <i>j</i> de la verificación <i>i</i>.</i>
Fuente del dato	Medido por el responsable del proyecto en medidores volumétricos. Para determinar el flujo másico a partir de datos de flujo volumétrico, utilice la última versión de la herramienta metodológica 08 del MDL " <i>Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream</i> ".
Frecuencia de calibración	Como mínimo, anualmente.

Dato o Parámetro	<i>PPRDBGP_{i,j}</i>
Unidades	Porcentaje
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero del escenario de proyecto <i>ETP_t</i> .
Descripción	Porcentaje de pérdidas de biogás en la red de distribución <i>en el período <i>j</i> de la verificación <i>i</i>.</i>
Fuente del dato	Medido por el responsable del proyecto a partir de los valores de entrada y salida del sistema o estimado de acuerdo con referentes bibliográficos sustentados. Para determinar el flujo másico a partir de datos de flujo volumétrico (tanto en entrada como en salida), utilice la última versión de la herramienta metodológica 08 del MDL " <i>Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream</i> ".
Frecuencia de calibración	Como mínimo, anualmente (si es aplicable).

Dato o Parámetro	$MBDCLB_{i,j}$
Unidades	t
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero del escenario de proyecto ETP_t . Registros mensuales mínimo.
Descripción	Metano en el biogás distribuido en vehículos carrotanques en el período j de la verificación i .
Fuente del dato	Medido por el responsable del proyecto en medidores volumétricos. Para determinar el flujo másico a partir de datos de flujo volumétrico, utilice la última versión de la herramienta metodológica 08 del MDL "Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream".
Frecuencia de calibración	Como mínimo, anualmente.

Dato o Parámetro	$MBDCP_{i,j}$
Unidades	t
Periodicidad	La misma que se defina para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero del escenario de proyecto ETP_t . Mínimo, registros mensuales.
Descripción	Cantidad de metano proveniente del biogás obtenido del relleno sanitario, que es descargado en vehículos carrotanques en el período j de la verificación i .
Fuente del dato	Medido por el responsable del proyecto o sus clientes en medidores volumétricos. Para determinar el flujo másico a partir de datos de flujo volumétrico, utilice la última versión de la herramienta metodológica 08 del MDL "Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream".
Frecuencia de calibración	Como mínimo, anualmente.

10 Validación, verificación y reporte del proyecto de GEI

El proceso de validación, verificación y reporte del proyecto debe atender lo señalado en la versión más reciente del Protocolo de CERCARBONO de CERCARBONO y en los Numerales 6.12 y 6.13 de la ISO 14064-2:2019.

11 Referencias

- Bayard, R., Benbelkacem, H., Gourdon, R. & Buffiere, P. (2018). Characterization of selected municipal solid waste components to estimate their biodegradability. *Journal of Environmental Management* 216: 4-12.
- CERCARBONO. (2019) Protocolo para la Certificación Voluntaria de Carbono de CERCARBONO CVCC Versión 2.1. Medellín (Antioquia).
- Eleazer, W.E., Odel III, W.S., Wang, Y.S. & Barlaz, M.A. (1997). Biodegradability of municipal solid waste components in laboratory-scale landfills. *Environmental Science and Technology* 31: 911-917.
- He, P., Yang, N., Gu, H., Zhang, H. & Shao, L. (2011). N₂O and NH₃ emissions from a bioreactor landfill operated under limited aerobic degradation conditions. *Journal of Environmental Sciences*, 23(6): 1011-1019.
- Hrad, M., Gamperling, O. & Huber-Humer, M. (2013). Comparison between lab- and full-scale applications of in situ aeration of an old landfill and assessment of long-term emission development after completion. *Waste Management* 33: 2061-2073.
- IPCC. (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. Penman, J., Kruger D., Galbally, I., Hiraishi, T., Nyenzi, B., Enmanuel, S., Buendia, L., Hoppaus, R., Martinsen, T., Meijer, J., Miwa, K. and Tanabe, K. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.
- IPCC. (2006). IPCC 5th Assessment. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Tokyo, 2006.
- IPCC (2019). Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland.
- Ishigaki, T., Nakagawa, M., Nagamori, M. & Yamada, M. (2016). Anaerobic generation and emission of nitrous oxide in waste landfills. *Environ Earth Sci.* 75: 750.
- Ishigaki, T., Nakanishi A., Tateda, M., Ike, M. & Fujita M. (2003). Application of Bioventing to Waste Landfill for Improving Waste Settlement and Leachate Quality - A Lab Scale Model Study. *Journal of Solid Waste Technology and Management* 29(4): 230-238.
- ISO 14064-2:2019. Greenhouse gases - part 2: specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements.
- ISO 14064-3:2019. Greenhouse gases - part 3: specification with guidance for the verification and validation of greenhouse gas statements.
- ISO 14065:2013. Greenhouse gases — Requirements for greenhouse gas validation and verification bodies for use in accreditation or other forms of recognition.
- ISO 14066:2011. Gases de efecto invernadero — Requisitos de competencia para los equipos de validación y de verificación de gases de efecto invernadero.
- Jeong S. (2016). Verification of Methodologies and Estimation of IPCC Model Parameters for Solid Waste Landfills, Ph.D. Dissertation, Seoul National University, 141 pp.

Jiang, J., Yang, G., Deng, Z., Huang, Y., Huang, Z., Feng X., Zhou, S. & Zhang, C. (2007). Pilot-scale experiment on anaerobic bioreactor landfills in China. *Waste Management* 27: 893-901.

Karanjekar, R. V., Bhatt, A., Altouqui S., Jangikhatoonabad, N., Durai, V., Sattler, M., Hossain, M.D.S. & Chen V. (2015). Estimating methane emissions from landfills based on rainfall, ambient temperature, and waste composition: The CLEEN model. *Waste Management* 46: 389-398.

Ministerio de Minas y Energía. (2014). Resolución CREG 038 de 2014, por la cual se modifica el código de medida contenido en el Anexo general del código de redes. 65 p.

Raga, R. & Cossu, R. (2014). Landfill aeration in the framework of a reclamation project in Northern Italy. *Waste Management* 34: 683-691.

Ritzkowski, M., Heyer, K.U. & Stegmann, R. (2006) Fundamental processes and implications during in situ aeration of old landfills. *Waste Management* 26: 356-372.

Ritzkowski, M. & Stegmann, R. (2012). Landfill aeration worldwide: Concepts, indications, and findings. *Waste Management* 32: 1411-1419.

Ritzkowski, M. & Stegmann, R. (2013). Landfill aeration within the scope of post-closure care and its completion, *Waste Management* 33: 2074-2082.

Ritzkowski, M., Walker, B., Kuchta, K., Raga, R. & Stegmann, R. (2016). Aeration of the teuftal landfill: Field scale concept and lab scale simulation, *Waste Management* 55: 99-107.

Tsubaki, M., Ueno, S. & Tsuji, Y. (2009). The CDM Methodology for Reduction of Greenhouse Gas Emission from Landfill Sites by Semi-aerobic Landfill System. In: Sardinia 2009, Twelfth International Waste Management and Landfill Symposium, Italy.

UNFCCC, ACM0001 Large-scale Consolidated Methodology: Flaring or use of landfill gas. Version 19.0. Clean Development Mechanism". Disponible en: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/JPYB4DYQUXQPZLBDVPHA87479EMY9M>

UNFCCC, ACM0002 Large-scale Consolidated Methodology: Grid-connected electricity generation from renewable sources. Version 20.0. Clean Development Mechanism". Disponible en: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/XP2LKUSA61DKUQC0PIWPGWDN8ED5PG>

UNFCCC, AM0083 Approved baseline and monitoring methodology: Avoidance of landfill gas emissions by in-situ aeration of landfills. Version 01.0.1 Clean Development Mechanism". Disponible en: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/R8O6P4ANGE24L9067H08TYVPOM5Q7P>

UNFCCC, Tool 04 "Emissions from solid waste disposal sites. Methodological tool. Version 08.0. Clean Development Mechanism". Disponible en: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-04-v8.0.pdf>

UNFCCC, Tool 06 "Project emissions from flaring. Methodological tool. Version 03.0. Clean Development Mechanism". Disponible en: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-06-v3.0.pdf>

UNFCCC, Tool 07 “to calculate the emission factor for an electricity system. Methodological tool. Version 07.0. Clean Development Mechanism”. Disponible en: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-07-v7.0.pdf>

UNFCCC, Tool 08 “Tool to determine the mass flow of a greenhouse gas in a gaseous stream. Methodological tool. Version 03.0. Clean Development Mechanism”. Disponible en: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-08-v3.0.pdf>

Wang, X. & Barlaz, M.A. (2016). Decomposition and carbon storage of hardwood and softwood branches in laboratory-scale landfills. *Science of the Total Environment* 557-558: 355-362.

Wang, X., De la Cruz, F.B., Ximenes, F. & Barlaz, M.A. (2015). Decomposition and carbon storage of selected paper products in laboratory-scale landfills. *Science of the Total Environment* 532: 70-79.

Wang, X., Padgett, J.M., De la Cruz, F.B. & Barlaz M.A. (2011). Wood biodegradation in laboratory-scale landfills. *Environmental Science and Technology* 45: 6864-6871

Ximenes, F., Bjordal, C., Cowie, A. & Barlaz, M.A. (2015). The decay of wood in landfills in contrasting climates in Australia. *Waste Management* 41: 101-110

Ximenes, F.A., Cowie, A.L. & Barlaz, M.A. (2018). The decay of engineered wood products and paper excavated from landfills in Australia. *Waste Management* 74: 312-322.

Yamada M., Ishigaki T., Endo K., Ishimori H., Wangyao K., Sutthasil N. & Chiemchaisri C. (2013). Numerical Analysis of Efficiency of Semiarobic Management of Landfill, *Proceedings of the 14th International Waste Management and Landfill Symposium* 14: 389.

Zhan, L. T., Xu, H., Chen, Y.M., Lan, J.W., Lin W.A., Xu, X.B. & He P.J. (2017). Biochemical, hydrological and mechanical behaviors of high food waste content MSW landfill: Liquid-gas interactions observed from a large-scale experiment. *Waste Management* 68: 307-318.

12 Historia del documento

Bitácora		
Versión	Fecha	Comentarios/cambios
1.0	26/10/2020	Versión inicial del documento expuesto en consulta pública del 26/10/2020 hasta el 06/11/2020.
1.1	20/01/2021	Versión final con comentarios integrados de la consulta pública y elementos adicionales.
1.1	02/03/2021	Asignación de nomenclatura M/MR-ER_DE01 en la portada de la presente metodología.
1.1	02/03/2021	Cambio redacción en el pie de página de la contraportada sobre los derechos de autor de: "Sin el permiso del editor, todo o partes de este documento no puede ser reproducido o utilizado en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluyendo escaneo, fotocopiado y microfilmación". Cambiada por: "No es permitida la reproducción parcial o total de este documento o su uso en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluyendo escaneo, fotocopiado y microfilmación, sin el permiso de CERCARBONO Derechos reservados".
1.1	02/03/2021	Se elimina de la sección 4.3 la siguiente redacción: o tesis, ambos que hayan sido implementados en la construcción de proyectos de mitigación de carbono y que hayan servido para generar créditos de carbono.
1.1	02/03/2021	Los términos y definiciones de la sección 2 se han movido e integrado en el documento: "Términos y definiciones del programa de certificación voluntaria de CERCARBONO".
1.1	28/03/2021	Se ajustó el contenido de la sección 2, se modificó la ecuación 3 (se integró el parámetro de la eficiencia del sistema de distribución del biogás de un relleno sanitario dentro del parámetro de eficiencia del sistema de captura, η_{SC}) y se homologó la ecuación 1 y 2 (la simbología del término de las emisiones de GEI por el biogás producido en el relleno sanitario, $EBLB_t$, fue ajustado).

ANEXO 1. LISTA DE CHEQUEO INDICATIVA PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA M/MR-ER_DE01 PARA LA EJECUCIÓN DE PR-GEI/MR-ER_DE.

La siguiente lista de chequeo cubre los aspectos relacionados con la aplicación de la metodología MR-DR-DE para la ejecución de **PR-GEI/MR-ER_DE** y la versión más reciente del Protocolo de CERCARBONO, hasta el momento previo al desarrollo del proceso de validación por parte de un OVV.

Criterio	Cumple	No cumple	No aplica
El PR-GEI/MR-ER_DE está relacionado con la captura, la destrucción o el aprovechamiento energético del metano contenido en el biogás producido en rellenos sanitarios.			
El PR-GEI/MR-ER_DE tiene como fin optar a pagos por resultados o compensaciones similares como consecuencia de acciones de mitigación del cambio climático que generen reducciones de emisiones de GEI.			
El PR-GEI/MR-ER_DE cumple con los principios de completitud, confiabilidad, conservadurismo, consistencia, evidencia, exactitud y transparencia.			
<p>El PR-GEI/MR-ER_DE se relaciona con instalaciones nuevas, existentes, modernizaciones, rehabilitaciones o reemplazos de sistemas, que cumplan al menos una de las siguientes funciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Captura y destrucción del metano contenido en el gas producido en rellenos sanitarios mediante combustión (en antorchas, motores o quemadores, entre otros) que, en caso de ausencia del proyecto, sería liberado directamente a la atmósfera. • Generación de electricidad mediante el aprovechamiento del metano contenido en el gas proveniente de rellenos sanitarios. • Generación de energía térmica mediante la combustión del metano contenido en el gas proveniente de rellenos sanitarios. • Producción de biocombustible mediante la captura del gas generado en rellenos sanitarios para su inyección en las redes de distribución de gas natural, desplazando parcialmente este combustible. • Producción de biocombustible mediante la captura del gas generado en rellenos sanitarios para su inyección en las redes de distribución de gas natural, desplazando parcialmente este combustible. • Producción de biocombustible mediante la captura del gas generado en rellenos sanitarios para distribuir gas natural directamente a usuarios, desplazando parcialmente este combustible. • Captura y aprovechamiento del metano contenido en el gas producido en rellenos sanitarios para su distribución mediante carrotanques a 			

Criterio	Cumple	No cumple	No aplica
usuarios que, en caso de no existir el proyecto, emplearían combustibles fósiles en su lugar.			
No se tiene en funcionamiento ningún sistema de captura de biogás antes de la implementación del PR-GEI/MR-ER_DE , o si existe alguno en funcionamiento debe comprobarse que el mismo no permitía aprovechamiento del biogás o fue optimizado o mejorado en su funcionamiento para optimizar las condiciones de captura del biogás.			
La instalación del PR-GEI/MR-ER_DE no conduce a una reducción en la cantidad de residuos orgánicos que se recuperan o se recuperarían en su ausencia.			
Con el PR-GEI/MR-ER_DE no se aumenta deliberadamente la cantidad de metano producido en el relleno sanitario mediante estrategias de operación, con respecto a las condiciones base identificadas.			
El objetivo del PR-GEI/MR-ER_DE describe el impacto positivo principal esperado por la implementación de las actividades del proyecto y el potencial de mitigación de los resultados de este.			
El objetivo del PR-GEI/MR-ER_DE incluye como mínimo, la actividad principal, el lugar de implementación, los actores incluidos y el período de ejecución de acciones en un determinado lugar.			
Se ha elaborado un PDD de acuerdo con la versión más reciente del Protocolo de CERCARBONO, basado en una metodología aprobada y que incluye el escenario de línea base, los cálculos de reducción de GEI y el plan de monitoreo de las actividades del proyecto que reducen la emisión de GEI según el tipo de proyecto.			
La fecha de inicio de operaciones del PR-GEI/MR-ER_DE es como máximo de cinco años antes del registro de la iniciativa ante el programa de certificación de CERCARBONO y la plataforma EcoRegistry			
El período de acreditación del PR-GEI/MR-ER_DE es de 20 años o igual a la vida operativa del mismo en caso de ser menor a 20 años.			
El PDD incluye información del titular u otros participantes del PR-GEI/MR-ER_DE cuando corresponda, detallando sus roles y responsabilidades, incluida la información de contacto y de las partes interesadas.			
El PDD incluye título, propósito(s) y objetivo(s) del PR-GEI/MR-ER_DE .			
El PDD incluye el ámbito sectorial y tipo de proyecto, indicando que es un proyecto de captura, destrucción y/o aprovechamiento del biogás producido en rellenos sanitarios (PR-GEI/MR-ER_DE)			

Criterio	Cumple	No cumple	No aplica
El PDD incluye la descripción del PR-GEI/MR-ER_DE y de cómo logrará la remoción o reducción de GEI, incluidos los tipos de GEI específicos que contempla.			
El PDD incluye la justificación de por qué el PR-GEI/MR-ER_DE propuesto es considerado como adicional.			
El PR-GEI/MR-ER_DE cumple con los criterios de adicionalidad señalados en la Resolución 1447 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (o aquella que la modifique o reemplace), demostrando que al desarrollar el PR-GEI/MR-ER_DE se reduce o destruye metano presente en el biogás producido en rellenos sanitarios, evitando que se emita directamente a la atmósfera y/o se aprovecha el metano presente en el biogás producido en el relleno sanitario, desplazando el uso de combustibles fósiles y evitando que el metano sea liberado directamente a la atmósfera			
Se demuestra claramente que se cuenta con procedimientos para evaluar y probar la adicionalidad del PR-GEI/MR-ER_DE y que dichos procedimientos brindan una garantía razonable de que las reducciones o la destrucción de emisiones de GEI no se habrían producido en ausencia del PR-GEI/MR-ER_DE			
El PDD incluye la ubicación y límites del PR-GEI/MR-ER_DE , incluida la información de ubicación organizacional, geográfica y física, que permita la identificación y delimitación única de la extensión específica del proyecto.			
Se han especificado los datos del sitio de instalación del PR-GEI/MR-ER_DE tales como país, departamento, municipio, entre otros, incluyendo sus coordenadas geográficas (en el sistema de referencia oficial para Colombia MAGNA SIRGAS)			
El PR-GEI/MR-ER_DE está ubicado en Colombia			
El PDD incluye la descripción detallada y soporte de la titularidad o del derecho de uso del área del PR-GEI/MR-ER_DE .			
Se cuenta con la autorización expresa del propietario(s), poseedor(es) o tenedor(es) de las instalaciones en las que se pretende efectuar el PR-GEI/MR-ER_DE (incluyendo los asociados al terreno y a la infraestructura de captura, destrucción y/o aprovechamiento)			
Se ha incluido evidencia de los derechos o propiedad sobre las instalaciones del PR-GEI/MR-ER_DE y, si corresponde, evidencia que demuestre que se cuenta con la respectiva licencia ambiental para su operación.			

Criterio	Cumple	No cumple	No aplica
Se evidencia la propiedad de las reducciones de emisiones de GEI del PR-GEI/MR-ER_DE entre las partes interesadas, es decir, la participación, el reclamo o la cesión de estas deben estar sustentadas en un documento firmado entre las partes.			
el PDD describe los resultados de las consultas entre los propietarios o participantes de la iniciativa sobre el PR-GEI/MR-ER_DE , cuando se requiera.			
Se ha relacionado, descrito y justificado el cumplimiento de las leyes, estatutos y marcos regulatorios locales, regionales y nacionales que apliquen a la actividad del PR-GEI/MR-ER_DE , incluyendo los requisitos ambientales que correspondan y el registro de las acciones concretas del proyecto.			
Se han entregado los documentos que certifican la realización de la consulta previa para el trámite de licencia ambiental del PR-GEI/MR-ER_DE , en los términos de la ley colombiana.			
El PDD incluye evidencia de los impactos ambientales que tuvo o sigue teniendo la implementación del PR-GEI/MR-ER_DE .			
El PR-GEI/MR-ER_DE cuenta con un protocolo de participación efectiva que incluye: <ul style="list-style-type: none"> - Un mapa de actores, un mapa institucional de las demás estructuras de gobernanza o instituciones y líderes asociados a la toma de decisiones en territorio, asociados a las actividades del proyecto. - Decisiones consensuadas con las estructuras de gobernanza local. - Trazabilidad de los procesos de consenso. - Manejo de peticiones, quejas, reclamaciones y solicitudes y su trazabilidad. - Un cronograma marco de reuniones para la toma de decisiones del proyecto - Un protocolo para el manejo de conflictos. Un documento de acuerdo firmado con las partes representativas de las comunidades locales para el desarrollo del proyecto.			
El PDD incluye las características o condiciones previas al inicio del PR-GEI/MR-ER_DE .			
El PDD incluye la descripción de las Tecnologías, productos, servicios del PR-GEI/MR-ER_DE y el nivel esperado de actividad.			
El PDD incluye la descripción y justificación de la selección de la metodología MR-DR-DE para la ejecución del PR-GEI/MR-ER_DE .			
El PDD incluye la descripción detallada del escenario de línea base para el PR-GEI/MR-ER_DE .			

Criterio	Cumple	No cumple	No aplica
El PDD incluye la identificación de fuentes de emisión o reservorios de GEI en el escenario de línea base para el PR-GEI/MR-ER_DE de acuerdo con el numeral 6.2 de la metodología MR-DR-DE para la ejecución del PR-GEI/MR-ER_DE .			
Cualquiera que sea la situación del PR-GEI/MR-ER_DE , se atienden los lineamientos metodológicos relacionados en la metodología MR-DR-DE para la ejecución del PR-GEI/MR-ER_DE y se descartan o desestiman los lineamientos que no se apliquen al tipo de proyecto realizado			
El PDD incluye las emisiones de GEI en el escenario de línea base, estimadas o calculadas en tCO ₂ e			
En la determinación de la línea base se consideraron los tipos, actividades y tecnologías de proyectos existentes y alternativos que proporcionan un tipo y nivel de actividad equivalentes de productos o servicios para el PR-GEI/MR-ER_DE			
En la determinación de la línea base se consideró la disponibilidad de datos, confiabilidad y limitaciones, asociadas al PR-GEI/MR-ER_DE .			
En la determinación de la línea base se consideró otra información relevante sobre las condiciones presentes o futuras del PR-GEI/MR-ER_DE , como la legislación, supuestos o proyecciones técnicas, económicas, socioculturales, ambientales, geográficas, específicas del sitio y temporales.			
Se seleccionaron, describieron y aplicaron criterios y procedimientos para identificar y justificar el escenario de línea base en el PR-GEI/MR-ER_DE .			
La justificación de la línea base de GEI del PR-GEI/MR-ER_DE tiene en cuenta el comportamiento futuro probable del escenario de línea base (fuentes de emisión de GEI) para cumplir con el principio de conservadurismo)			
Se ha demostrado la equivalencia funcional en el tipo y nivel de actividad de la generación de metano (los productos o servicios proporcionados) entre el escenario de proyecto y el de línea base y cualquier diferencia significativa entre ambos.			
Se han cuantificado las emisiones de cada fuente relevante en la línea base, convirtiendo la cantidad de cada tipo de GEI a tCO ₂ e, y atendiendo a las ecuaciones aplicables presentadas en el numeral 6.3 de la metodología MR-DR-DE de CERCARBONO.			
El PDD incluye las emisiones de GEI en el escenario de línea base, estimadas o calculadas en tCO ₂ e			

Criterio	Cumple	No cumple	No aplica
Se desestiman las reducciones de emisiones logradas por sistemas no incluidos en la metodología MR-DR-DE de CERCARBONO, tales como: tratamiento por aireación (<i>in situ</i> o pasiva) en el relleno sanitario, capas de oxidación en el relleno sanitario, producción de hidrógeno a partir del biogás, etc.			
Si se desarrollaron factores de emisión para el cálculo de la línea base del PR-GEI/MR-ER_DE , estos: <ul style="list-style-type: none"> a) Se derivan de un origen reconocido b) Son apropiados para las fuentes en cuestión c) Son adecuados para el momento de la cuantificación, d) Generan resultados precisos y reproducibles de la cuantificación de la incertidumbre <p>Son coherentes con el uso previsto del informe de GEI.</p>			
La línea base del PR-GEI/MR-ER_DE permite concluir que, en caso de no realizarse, el biogás se hubiera: (i) Liberado directamente a la atmósfera; o (ii) Se hubiera destruido para evitar olores o por seguridad			
El PDD incluye los cobeneficios relacionados con el PR-GEI/MR-ER_DE			
El PDD incluye la descripción detallada del escenario de proyecto.			
El PDD incluye la identificación de fuentes de emisión de GEI en el escenario de proyecto de acuerdo con el numeral 7.1 de la metodología MR-DR-DE de CERCARBONO.			
El PDD incluye la cuantificación de emisiones de GEI que puede producirse por el PR-GEI/MR-ER_DE , estimada o calculada en tCO ₂ e, y atendiendo a las ecuaciones descritas en el numeral 7.3 de la metodología MR-DR-DE de CERCARBONO.			
En la descripción del escenario de proyecto se incluye una lista y la disposición de las principales tecnologías, sistemas y equipos, incluyendo información sobre la antigüedad y la vida útil promedio del equipo según las especificaciones del fabricante y los estándares de la industria, así como las capacidades, factores de carga y eficiencias existentes y previstas.			
En la descripción del escenario de proyecto se incluyen los tipos y niveles de servicio (en términos de flujos de masa o energía) proporcionados por los sistemas y equipos que se están modificando o instalando y su relación, con otros equipos y sistemas de fabricación o producción fuera del límite del PR-GEI/MR-ER_DE y se describe cómo se hubiera realizado esto en el escenario de línea base.			

Criterio	Cumple	No cumple	No aplica
En la descripción del escenario de proyecto se incluye una lista de las instalaciones, sistemas y equipos en operación bajo el escenario existente antes de la implementación del PR-GEI/MR-ER_DE .			
En la descripción del escenario de proyecto se indican los criterios para cuantificar las emisiones y/o reducciones de GEI durante la implementación y operación del PR-GEI/MR-ER_DE .			
Si se desarrollaron factores de emisión para el cálculo del escenario de proyecto del PR-GEI/MR-ER_DE , estos: <ul style="list-style-type: none"> a) Se derivan de un origen reconocido b) Son apropiados para las fuentes en cuestión c) Son adecuados para el momento de la cuantificación, d) Generan resultados precisos y reproducibles de la cuantificación de la incertidumbre Son coherentes con el uso previsto del informe de GEI.			
El PDD incluye la reducción neta de GEI que puede producirse por el PR-GEI/MR-ER_DE , estimada o calculada en tCO ₂ e, atendiendo a la ecuación descrita en el numeral 8 de la metodología MR-DR-DE de CERCARBONO.			
Se han seleccionado y aplicado los criterios y procedimientos para estimar o monitorear las fuentes seleccionadas usando datos apropiados y confiables			
El PDD incluye el plan de monitoreo del PR-GEI/MR-ER_DE .			
El plan de monitoreo del PR-GEI/MR-ER_DE incluye procedimientos para medir o estimar, registrar, compilar y analizar datos e información importante para cuantificar e informar las emisiones o reducciones de GEI relevantes para el escenario de línea base y el de proyecto (es decir, un sistema de información de GEI utilizando tecnologías recomendadas)			
El plan de monitoreo del PR-GEI/MR-ER_DE incluye el propósito del monitoreo.			
El plan de monitoreo del PR-GEI/MR-ER_DE incluye la lista de parámetros medidos y monitoreados.			
El plan de monitoreo del PR-GEI/MR-ER_DE incluye los tipos de datos e información a reportar, incluyendo unidades de medida.			
El plan de monitoreo del PR-GEI/MR-ER_DE incluye el origen de los datos usados.			
El plan de monitoreo del PR-GEI/MR-ER_DE incluye las metodologías de monitoreo (estimación, modelado o medición), enfoques de cálculo e incertidumbre. En caso			

Criterio	Cumple	No cumple	No aplica
de medición, se establecen o incluyen los protocolos de calibración y mantenimiento de equipos de medición.			
El plan de monitoreo del PR-GEI/MR-ER_DE incluye la frecuencia de monitoreo, considerando las necesidades de las partes interesadas.			
El plan de monitoreo del PR-GEI/MR-ER_DE incluye la definición de roles y responsabilidades, incluidos los procedimientos para autorizar, aprobar y documentar cambios a los datos registrados.			
El plan de monitoreo del PR-GEI/MR-ER_DE incluye los controles que incluyan evaluación interna de datos de entrada, transformación y salida, y procedimientos para acciones correctivas.			
El plan de monitoreo del PR-GEI/MR-ER_DE incluye los sistemas de gestión de información de GEI, incluida la ubicación y retención de datos almacenados y la gestión de datos que incluya un procedimiento para la transferencia de datos entre diferentes formas de sistemas o documentación.			
El plan de monitoreo del PR-GEI/MR-ER_DE incluye la estructura del reporte de monitoreo.			
Se ha garantizado y se cuenta con las evidencias para demostrar que los equipos de medición que se usan en el del PR-GEI/MR-ER_DE se mantienen calibrados o verificados, según corresponda.			
Se han establecido y aplicado procedimientos de gestión y calidad de los datos y la información del PR-GEI/MR-ER_DE , incluida la evaluación de la incertidumbre, relevante para los escenarios de proyecto y de línea base, de acuerdo con lo estipulado en la metodología.			
Se han minimizado, en lo posible, las incertidumbres relacionadas con la cuantificación de las reducciones de GEI del PR-GEI/MR-ER_DE .			
El PDD incluye la identificación de riesgos que podrían afectar sustancialmente la reducción de GEI del PR-GEI/MR-ER_DE , así como las medidas para gestionar dichos riesgos.			
El PDD incluye las autorizaciones y documentos requeridos por la legislación vigente para el desarrollo y operación del PR-GEI/MR-ER_DE , tales como Licencia Ambiental, Evaluación de Impacto Ambiental, Plan de Manejo Ambiental, entre otros, dependiendo del tipo de del PR-GEI/MR-ER_DE .			
Se cuenta con la documentación que demuestra la conformidad del PR-GEI/MR-ER_DE con la versión más reciente del Protocolo de CERCARBONO de			

Criterio	Cumple	No cumple	No aplica
CERCARBONO. Esta documentación debe ser consistente con los procesos de validación, verificación y certificación			
La documentación del PR-GEI/MR-ER_DE se encuentra registrada en la plataforma EcoRegistry			
El PDD incluye los resultados relevantes de las consultas con las partes interesadas y mecanismos para la comunicación continua, si corresponde. Incluyendo la definición de cuándo y cómo se deben consultar a las personas afectadas/involucradas.			
<p>El PDD incluye el Plan cronológico o fechas reales y justificación de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La fecha de inicio de las actividades del PR-GEI/MR-ER_DE, • El período de línea base de GEI, • La fecha de finalización del PR-GEI/MR-ER_DE, • La frecuencia de monitoreo e informes y el período del proyecto, incluidas las actividades relevantes del mismo en cada paso del ciclo del proyecto, según corresponda y, <p>La frecuencia de las verificaciones, incluyendo los períodos en los que se realizan</p>			
Se ha creado una cuenta en CERCARBONO a través de EcoRegistry para registrar el PR-GEI/MR-ER_DE			
Se cuenta con número de identificación del PR-GEI/MR-ER_DE			



CERCARBONO
CERTIFICADORA DE CARBONO