



CLIMATE
ACTION
RESERVE

Protocolo de Reporte de Proyectos en Rellenos Sanitarios en México

Recolección y Destrucción del Metano de los
Rellenos Sanitarios

Versión 1.0

Junio 2009

Tabla de Contenidos

1	Introducción	1
2	Proyecto de Reducción de GEI	2
2.1	Definición del Proyecto.....	2
2.2	El Desarrollador del Proyecto.....	3
2.3	Otras Actividades para la Reducción de GEI en el Sector de los Residuos Sólidos	3
3	Reglas de Elegibilidad	5
3.1	Lugar	5
3.2	Fecha de Inicio del Proyecto	5
3.3	Adicionalidad.....	6
3.3.1	La Prueba del Estándar de Desempeño	6
3.3.2	La Prueba de los Requisitos Reglamentarios	7
4	Límites de Estimación de los GEI	11
4.1	Fuga	14
5	Método de Cálculo de las Reducciones de GEI	15
5.1	Emisiones de Línea Base.....	15
5.2	Emisiones del Proyecto.....	17
5.3	Reducciones de Emisiones del Proyecto	17
6	Monitoreo del Proyecto.....	24
7	Parámetros de Reporte	31
7.1	Documentación para la Presentación del Proyecto	31
7.2	Mantenimiento de Registros.....	31
7.3	Ciclo de Reporte.....	32
7.4	Período de Crédito del Proyecto	32
7.5	Reporte de Reducciones fuera de la Reserva de Acción Climática.....	33
Anexo A	Desarrollo del Umbral del Estándar de Desempeño	39
Anexo B	Factores de Emisión para Combustibles en México	43
Anexo C.	Substitución de Datos y Fallos en la Calibración	45

Lista de Tablas

Tabla 4.1. Principales fuentes de GEI asociadas con las categorías de fuentes.	12
Tabla 6.1. Datos de monitoreo a ser recolectados y utilizados para calcular las reducciones de emisiones.....	27
Tabla A.1. Definiciones de la Norma Oficial Mexicana 083.	40
Tabla A.2. Evolución de los sitios de disposición final de residuos en México.....	41
Tabla A.3. Disposición de residuos y el inventario de emisiones de GEI del sector en México (Año 2004).....	41
Tabla A.4. Resumen de información sobre los proyectos de MDL en rellenos sanitarios de México (Año 2009).....	43
Tabla A.5. Detalle de los proyectos MDL para captura y uso de biogás de rellenos sanitarios en México (Año 2009).....	43
Tabla B.1. Factores de emisión para combustibles empleados en fuentes de combustión Estacionaria y Móvil	44
Tabla B.2. Poderes caloríficos netos de combustibles fósiles en México.....	45

Lista de Figuras

Figura 2.1. Dispositivos de destrucción de gas Metano.....	3
Figura 4.1. Ilustración general del límite de estimación de los GEI.	11
Figura 6.1. Disposición sugerida de los equipos de medición de Biogás	25

Lista de Ecuaciones

Ecuación 5.1. Reducciones de emisiones de GEI del Proyecto.	18
Ecuación 5.2. Total de emisiones anuales de metano destruido.....	20
Ecuación 5.3. Ajuste anterior al proyecto para la destrucción en el escenario base.....	21
Ecuación 5.4. Ajuste del flujo del gas de relleno sanitario a la temperatura y presión	22

Abreviaturas y Siglas

Biogás	Gas del Relleno Sanitario
CH ₄	metano
CO ₂	bióxido de carbono
COVDM	compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano
EPA	Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU.
GEI	gases de efecto invernadero
GLP	Gas licuado de petróleo
GN	gas natural
GNC	gas natural comprimido
GNL	gas natural licuado
INE	Instituto Nacional de Ecología
INEGI	Instituto de Nacional de Estadística y Geografía
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático por sus siglas en inglés.
MDL	Mecanismo para un Desarrollo Limpio
MG	megagramo (1,000,000 gramos o una tonelada, o “t”)
N ₂ O	oxido nitroso
NOM-083	Norma Oficial Mexicana 083 - SEMARNAT-2003
m ³ _s	metros cúbicos estándar (20°C a 1 atm)
m ³	metros cúbicos
QA/QC	Aseguramiento de Calidad/ Control de Calidad
Reserva	Reserva de Acción Climática
RSM	residuos sólidos municipales
SENER	Secretaría de Energía
SEDESOL	Secretaría de Desarrollo Social
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
J	joules o julios. Un GJ es un giga joule ósea 10 ⁹ J

1 Introducción

El Protocolo de Reporte de Proyectos en Relleno Sanitario de la Reserva de Acción Climática (la Reserva) ofrece una guía para registrar y reportar las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas con la instalación de un sistema de recolección y destrucción¹ del gas metano de un relleno sanitario.

La Reserva es una organización privada sin fines de lucro que lleva un registro voluntario de GEI. Su objetivo es promover y facilitar la medición, monitoreo y reducción de las emisiones de GEI. Los participantes registran y verifican sus emisiones de GEI de acuerdo con los protocolos de la Reserva.

Los desarrolladores de proyectos que instalan tecnologías para la captura y destrucción del gas de relleno sanitario utilizan este documento para registrar las reducciones de GEI en la Reserva. Este protocolo provee reglas de elegibilidad, métodos para calcular las reducciones, instrucciones para monitorear el desempeño, y procedimientos para reportar la información de los proyectos a la Reserva. Además, todos los reportes de los proyectos son verificados anualmente y en forma independiente por los verificadores autorizados de la Reserva. Las pautas que utilizan los verificadores para comprobar las reducciones se encuentran en el correspondiente Protocolo de Verificación de Proyectos en Rellenos Sanitarios.

Este protocolo de proyectos facilita la creación de reducciones de emisiones de GEI, y garantiza que las mismas sean calculadas de manera completa, consistente, transparente, exacta y conservadora mediante la incorporación de las fuentes relevantes².

Los desarrolladores de proyectos deben cumplir con todos los reglamentos locales, estatales y federales sobre los residuos sólidos municipales (RSM), y sobre la calidad del aire y el agua para poder registrar las reducciones de GEI en la Reserva. Para registrar las reducciones de GEI en la Reserva, los desarrolladores de proyectos no necesitan registrar un inventario anual de GEI a nivel de entidad de sus operaciones con RSM.

¹ Para este protocolo la destrucción del metano puede darse mediante la reacción de combustión, como en el caso de quemadores, calderas, turbinas, etc., o mediante reacciones de reducción y oxidación como en el caso de las celdas de combustible.

² Ver el Protocolo de Reporte de GEI del WRI/WBCSD (Parte I, Capítulo 4) para obtener una descripción de los principios de registro de GEI.

2 Proyecto de Reducción de GEI

Los rellenos sanitarios son usados como método de disposición final de los residuos sólidos. En México alrededor del 57% de los residuos sólidos municipales se depositan en rellenos sanitarios. Los datos disponibles del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para el periodo de 1996 a 2006 muestran un aumento de la disposición de residuos en rellenos en todo el país en los últimos años.³

En los rellenos sanitarios las bacterias descomponen la materia orgánica. Uno de los productos tanto de la descomposición bacteriana, como de la oxidación de los residuos sólidos, es el gas de relleno sanitario o biogás, que está compuesto por metano (CH₄) y bióxido de carbono (CO₂) en concentraciones casi iguales, así como por menores cantidades de nitrógeno (N₂), oxígeno (O₂), compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM) y otros gases. Si no se recolecta y destruye, con el tiempo, este gas se libera a la atmósfera. De acuerdo con el Instituto Nacional de Ecología encargado de elaborar los inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, los rellenos sanitarios representaron el 24% del total de emisiones de CH₄ en el 2002. Las emisiones de GEI por esta categoría, en CO₂ equivalente, tuvieron un incremento de 96% respecto a 1990, como resultado del incremento en la disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios.⁴

Existe una gran incertidumbre con respecto a la cantidad real de emisiones fugitivas de metano de los rellenos sanitarios. Por lo tanto, este protocolo no está dirigido a las emisiones fugitivas de metano de rellenos sanitarios sino que hace referencia al metano que se captura y destruye adicionalmente a los requisitos Reglamentarios.

2.1 Definición del Proyecto

Para fines de este protocolo, el proyecto de reducción de GEI consiste en la instalación de un sistema de control del gas del relleno sanitario para capturar y destruir el gas metano, que comience a operar a partir del 15 de agosto de 2008. El gas del relleno sanitario capturado podrá ser destruido *in situ*, transportado para su uso fuera del sitio (ej: a través de las tuberías de transmisión o distribución), o utilizado como fuente de energía para los vehículos. Independientemente del uso que le den los desarrolladores del proyecto al gas del relleno sanitario capturado, para que el proyecto sea elegible y pueda registrar las reducciones de GEI bajo este protocolo, el destino final del metano debe ser su destrucción.⁵

Los sistemas de recolección y destrucción del gas del relleno sanitario generalmente están compuestos por pozos de extracción, tuberías colectoras, bombas de vacío, y otras tecnologías que permiten y/o mejoran la recolección del gas del relleno sanitario y lo conducen a la tecnología de destrucción. En algunos rellenos sanitarios, el gas se destruye solo mediante un quemador. En el caso de proyectos que utilizan tecnologías de energía o calor de proceso para aprovechar el gas del relleno sanitario, como turbinas, motores recíprocos, calderas,

³ INEGI 2009. Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica. Residuos. <http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx?s=est&c=6116> (Consulta Marzo 2009)

⁴ INE, 2006. Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. <http://www.ine.gob.mx/cclimatico/comnal3.html>

⁵ Es posible que, en cierto momento, se pueda llegar a usar el biogás para la fabricación de productos químicos. Sin embargo, dada la escasa cantidad de estos proyectos, si es que existe alguno, este tipo de proyecto no está contemplado en este protocolo.

calentadores u hornos, y celdas de combustible, estos dispositivos constituyen la tecnología de destrucción del gas. La mayoría de los proyectos que producen energía o calor de proceso también utilizan un quemador para destruir el gas durante los períodos en que el proyecto de utilización de gas está fuera de servicio por reparaciones o mantenimiento. La Figura 2.1 muestra el resumen de los diferentes dispositivos de destrucción de metano que cumplen y no cumplen con el Protocolo.

Dispositivos de Destrucción de Metano que cumplen con el Protocolo	Dispositivos de Destrucción de Metano que NO cumplen con el Protocolo
Quemadores activos Turbinas Motores Recíprocos Hornos Calderas Celdas de Combustible	Quemadores pasivos

Fig. 2.1. Dispositivos de destrucción de gas Metano

El arreglo para el uso directo por otro usuario final, que comprenda el entubado del gas de relleno sanitario para ser destruido en otras instalaciones o industrias, es también un proyecto aceptable para la destrucción del gas del relleno sanitario. Para los casos de uso directo, los acuerdos entre el desarrollador del proyecto y el usuario final del gas de relleno sanitario (ej: un cliente industrial que compra el gas de relleno sanitario al desarrollador del proyecto), deben incluir una cláusula legalmente vinculante que asegure que las reducciones de GEI no serán reclamadas por más de una parte.

Además de reducir el metano, la instalación y operación de un sistema de recolección y destrucción de gas de relleno sanitario puede afectar las emisiones antropogénicas de bióxido de carbono y metano asociadas con el consumo de electricidad y combustibles fósiles. Dependiendo de las circunstancias particulares del proyecto, este efecto puede aumentar o disminuir las emisiones operativas de GEI. La Sección 4, Límites de Estimación de los GEI, describe el alcance del marco de registro.

2.2 El Desarrollador del Proyecto

Los desarrolladores de proyectos pueden ser los propietarios/operadores de rellenos sanitarios y los propietarios de los derechos sobre el gas de relleno sanitario. Pero también pueden estar involucradas otras entidades, como los distribuidores. Se debe establecer claramente quién es el dueño de las reducciones de GEI mediante un título explícito.

2.3 Otras Actividades para la Reducción de GEI en el Sector de los Residuos Sólidos

La Reserva reconoce que los desarrolladores de proyectos pueden implementar una variedad de actividades relacionadas con la recolección, transporte, clasificación, reciclaje y eliminación de residuos sólidos; instalar tecnología para capturar y destruir el metano de los rellenos sanitarios es uno de los muchos proyectos de reducción de gases de invernadero que pueden darse en el sector de los residuos sólidos.

Sin embargo, las actividades para reducir los GEI no relacionadas con la instalación de un sistema de recolección y destrucción de gas de relleno sanitario no se incluyen dentro de la definición de proyecto de reducción de GEI de este protocolo. Asimismo, la producción de energía para la red eléctrica, que deriva en el reemplazo de las emisiones de GEI de las plantas de energía que operan con combustible fósil, constituye una actividad del proyecto de GEI complementaria y diferente a la destrucción del gas metano de los rellenos sanitarios y no está incluida en este momento dentro del marco de registro de este protocolo. La Reserva anticipa el desarrollo de un suplemento a este protocolo para contabilizar y registrar estas reducciones para México.

Los rellenos sanitarios que son operados como bio-reactores, de acuerdo a la definición de bio-reactor de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos, no son elegibles para utilizar este protocolo, ya que no se conocen los efectos que el bio-reactor puede tener sobre la distribución neta total y temporal de las emisiones fugitivas de metano con relación a las condiciones del escenario base del proyecto. Según la definición de la EPA, un bio-reactor es un relleno sanitario de residuos sólidos municipales, o una parte de éste, con un contenido de humedad mínimo promedio de, al menos, el 40% en peso. Este contenido de humedad de 40% puede alcanzarse por medio de una alta recirculación del lixiviado o por adición de otros líquidos⁶ de forma controlada para acelerar o mejorar la biodegradación anaeróbica de los residuos.⁷

La Reserva anticipa el desarrollo de diferentes protocolos de proyectos en el futuro para proveer mayores oportunidades de reducción de emisiones en el sector de los residuos sólidos que permitan equilibrar y complementar el Protocolo de Proyectos de Rellenos Sanitarios. Estos podrían incluir proyectos de compostaje, digestión anaeróbica, reciclaje y la producción de energía a base de residuos.

⁶ Líquidos diferentes al lixiviado. El lixiviado incluye el condensado de gas de relleno sanitario.

⁷ Título 40 del Código de Regulaciones Federales de los Estados Unidos , Arts. 63.1990 y 258.28a.

3 Reglas de Elegibilidad

Los desarrolladores de proyectos que utilizan este protocolo deben cumplir con las siguientes reglas de elegibilidad para registrar las reducciones en la Reserva. Estos criterios se aplican solo a los proyectos que se ajustan a la definición de proyecto de reducción de GEI definido en la sección 2.

Regla de Elegibilidad I:	Lugar	→	<i>Rellenos sanitarios en México</i>
Regla de Elegibilidad II:	Fecha de Inicio de Operación del Proyecto	→	<i>15 de agosto de 2008</i>
Regla de Elegibilidad III:	Adicionalidad	→	<i>Cumplir con los estándares de desempeño</i>
		→	<i>Exceder los requisitos reglamentarios</i>

3.1 Lugar

Todos los proyectos en rellenos sanitarios localizados de México son elegibles para registrar reducciones en la Reserva. El análisis de las prácticas en rellenos sanitarios, que sirvió de base para estándares de desempeño (Sección 3.3.1), abarcó las operaciones de rellenos sanitarios dentro de México. Por lo tanto, la Reserva calculará las reducciones de GEI de todos los proyectos con base en México que sigan los lineamientos indicados en este protocolo de la misma manera.

3.2 Fecha de Inicio del Proyecto

El Estado de California y los Estados Fronterizos de Baja California, Sonora, Nuevo León, Tamaulipas, Chihuahua y Coahuila, junto con la compañía Pacif Gas and Electric y la Reserva (anteriormente bajo California Climate Action Registry) firmaron un Memorando de Entendimiento o Convenio el 15 de Agosto de 2008. Por medio de este Convenio las partes acordaron trabajar en colaboración para desarrollar protocolos de cuantificación y certificación de gases de efecto invernadero en proyectos de reducción de emisiones de México. El establecimiento de este convenio para fomentar las actividades de reducción de GEI es la base del criterio de la fecha de inicio del proyecto.

La fecha de inicio de los proyectos elegibles debe ser posterior al 15 de agosto de 2008. La fecha de inicio del proyecto se define como la fecha en la que comienza a funcionar un dispositivo de destrucción que cumple con los requisitos establecidos.

Los proyectos que comenzaron a operar antes de inscribirse en la Reserva pero después del 15 de agosto de 2008, son considerados proyectos pre-existentes. Los proyectos pre-existentes serán elegibles para inscribirse en la Reserva por un período de 12 meses a partir de la fecha de vigencia de este protocolo (Versión 1.0). Esto es para asegurar que la Reserva le provea a los “adelantados” (aquellos que implementaron un proyecto de reducción de GEI antes de que existiera un protocolo para las actividades de su proyecto) el tiempo suficiente

para inscribir su proyecto.⁸ Después de estos 12 meses de gracia, los proyectos pre-existentes deben presentarse para su inscripción dentro de los 6 meses del comienzo de sus operaciones. Aquellos que no se inscriban dentro de los 6 meses serán considerados no-adicionales y no serán elegibles. Los proyectos que comenzaron a operar antes del 15 de agosto de 2008 no podrán registrar reducciones conforme a este protocolo. A los fines de la Reserva, el inicio de las operaciones significa un sistema construido que capture y destruya el gas metano de la operación de rellenos sanitarios.

3.3 Adicionalidad

La Reserva se esfuerza por apoyar solo aquellos proyectos que logren reducciones de GEI excedentes, que sean adicionales a lo que habría ocurrido de otra forma. Es decir, reducciones por encima de las habituales, las del escenario base. Los desarrolladores de proyectos cumplirán con la condición de adicionalidad si pasan dos pruebas:

1. La Prueba del Estándar de Desempeño
2. La Prueba de los Requisitos Reglamentarios

3.3.1 La Prueba del Estándar de Desempeño

Los desarrolladores de proyectos pasarán la Prueba del Estándar de Desempeño cuando alcancen un umbral de desempeño para todo el programa (es decir, un estándar de desempeño establecido de antemano aplicable a todos los proyectos de rellenos sanitarios). El umbral de desempeño representa “un desempeño mejor que el habitual”. Si el proyecto alcanza este umbral, entonces excederá el desempeño habitual y generará reducciones de GEI adicionales o excedentes.

Para este protocolo, la Reserva utiliza un umbral específico de tecnología, que a veces también se denomina umbral basado en las prácticas, y que sirve como “estándar de mejores prácticas” para el manejo de emisiones fugitivas de gas de relleno sanitario. El desarrollador de proyectos pasará la Prueba del Estándar de Desempeño instalando un sistema de recolección y destrucción de gas de relleno sanitario cuando no esté obligado a hacerlo por la ley.

Existen dos posibles escenarios donde se alcanza el umbral de desempeño basado en las prácticas:

1. Si en la actualidad el relleno sanitario no está recolectando ni destruyendo nada del gas de relleno sanitario, el proyecto se considera adicional.⁹
2. Si el relleno sanitario ya ha estado recolectando y destruyendo metano por medio de un dispositivo de destrucción que cumple con los requisitos establecidos en este protocolo (como se muestra en Figura 2.1). El proyecto solo será considerado adicional bajo las siguientes circunstancias:

⁸ Un proyecto se considera inscrito cuando el desarrollador del proyecto ha creado una cuenta en la Reserva, ha presentado el correspondiente Formulario para la Presentación de Proyectos y los demás documentos requeridos, ha pagado la cuota de presentación de proyectos, y la Reserva ha aprobado el registro del proyecto.

⁹ Para los rellenos sanitarios que actualmente recolectan y ventean gas, pero no lo someten a combustión, la instalación de un dispositivo de combustión de gas de relleno sanitario es una actividad de proyecto elegible.

- a. El sistema anterior en sí mismo no califica como proyecto bajo este protocolo. Ampliar el campo de pozos constituye un sistema de expansión en lugar del inicio de un nuevo proyecto.
- b. El nuevo proyecto de GEI requiere agregar un dispositivo de destrucción por separado.
- c. Solo el gas de relleno sanitario destruido en exceso de la capacidad máxima del dispositivo de destrucción previo al proyecto se considera adicional (es decir, aquellas reducciones que resultan de la implementación del nuevo proyecto de reducción de GEI). La capacidad máxima del sistema anterior al proyecto debe ser calculada en cifras netas de las reducciones de emisiones de acuerdo a la Ecuación 5.3.

Estas condiciones garantizan que las reducciones resultantes del nuevo proyecto de GEI puedan ser registradas separadamente de la recolección y destrucción actual.

La Reserva ha establecido este estándar de desempeño en base a una evaluación de las prácticas de Rellenos sanitarios de México. El Anexo A presenta un resumen del análisis del estándar de desempeño.

Todos los proyectos que pasen esta prueba serán elegibles para registrar reducciones en la Reserva durante la vigencia del período de crédito del proyecto, aun cuando la Prueba del Estándar de Desempeño se modifique en la mitad del período. Como se indica en la Sección 6, Parámetros de Reporte, el período de crédito del proyecto comienza en la fecha de inicio del proyecto independientemente de si se tienen o no datos de monitoreo suficientes para registrar créditos.

La Reserva reevaluará periódicamente la efectividad del umbral de desempeño actualizando el análisis de penetración en el mercado indicado en el Anexo A. La Reserva reconoce la importancia de los programas de recuperación y reciclaje de residuos. Por ello, como parte de sus evaluaciones periódicas del umbral de desempeño, la Reserva utilizará un proceso con partes interesadas para evaluar si la implementación de este protocolo ha generado efectos ambientales negativos, como el aumento de emisiones de gases contaminantes y/o de metano. La evaluación prestará especial atención al estado de otros protocolos de proyectos de reducción de GEI, incluyendo el compostaje, la digestión anaeróbica, el reciclaje y la producción de energía a partir de residuos, que podrían servir de contrapeso y complemento para el Protocolo de Reporte de Proyectos de Rellenos Sanitarios. Si se determina que se han producido efectos ambientales negativos, la Reserva revisará y corregirá el protocolo para evitar que dichos efectos vuelvan a ocurrir en el futuro, o suspenderá la implementación del protocolo, si fuera necesario.

3.3.2 La Prueba de los Requisitos Reglamentarios

Todos los proyectos de reducción de GEI deben pasar una prueba reglamentaria para garantizar que las reducciones de emisiones logradas por el proyecto no se habrían obtenido en el escenario de línea base en virtud de los reglamentos y leyes federales, estatales o locales. El Plan de Monitoreo (Sección 6) debe incorporar a los procedimientos de monitoreo un mecanismo que garantice y demuestre que el proyecto cumple con la Prueba Reglamentaria en todo momento. El método preferido para demostrar el cumplimiento de la Prueba Reglamentaria es la realización periódica de una auditoría. Como mínimo, un representante de

la plana ejecutiva debe dar fe formalmente del cumplimiento de la Prueba Reglamentaria en forma anual. La Reserva ha desarrollado un formulario oficial de Ratificación de Cumplimiento para este fin.

3.3.2.1 Reglamentos Federales

Existen varios reglamentos a nivel federal en México para el manejo de los residuos sólidos municipales y los rellenos sanitarios que influyen la elegibilidad de los proyectos de recolección y destrucción de metano como proyectos voluntarios de reducción de GEI. Le corresponden al nivel federal la conducción de la política nacional en materia de residuos, la promulgación de Leyes Generales y la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) con respecto al manejo integral de todos los tipos de residuos. Estos reglamentos incluyen:

- La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de 1917 en su Artículo 115 enumera las responsabilidades y atribuciones de los municipios y dispone que éstos sean los encargados de ofrecer los servicios de limpia, recolección, traslado, tratamiento y disposición final de la basura urbana. En el mismo artículo, la Constitución señala que los municipios deben cumplir con las normas y regulaciones en la materia emitidas por la Federación.
- La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, publicada en enero 1988 y con entrada en vigor a los tres meses, advierte que los residuos deben ser controlados en tanto que constituyen la principal fuente de contaminación de los suelos. Además, establece la necesidad de prevenir y reducir la generación de residuos sólidos, municipales e industriales; incorporar técnicas y procedimientos para su reuso y reciclaje, así como regular su manejo y disposición final eficientes.
- Ley General de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos; publicada en Octubre de 2003, y con entrada en vigor en enero de 2004. Esta ley define los residuos en tres categorías: peligrosos, de manejo especial y urbanos. La ley fomenta la valorización de residuos, así como el desarrollo de mercados de subproductos bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica y económica, y esquemas de financiamiento adecuados.
- Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, con entrada en vigor en diciembre de 2004. La Norma provee especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

Concretamente para el control del gas de relleno sanitario o biogás la NOM 083 es la única que establece especificaciones generales para su manejo. El artículo 7.2, dentro de características constructivas y operativas de los sitios de disposición final, menciona que se debe garantizar el control del biogás por medio de quema en pozos puntuales o por quemadores centrales. Este artículo aplica para rellenos sanitarios que reciban más de 10 tons/día. Al mismo tiempo y aunque las normas en México no son retroactivas, esta Norma establece también readecuación de los sitios de disposición existentes.¹⁰

¹⁰ Existen varias razones de índole técnica y de índole financiera para que en la práctica esta norma no esté adoptada y/o excedida en los rellenos sanitarios y sitios de disposición final en México. Entre las razones técnicas, se incluye el tamaño y diseño los pozos pre-existentes a la NOM083 2003 que imposibilita la instalación de quemadores; factores externos no considerados en el diseño como el régimen de vientos que apaga los mecheros;

3.3.2.2 Leyes Estatales y Reglamentos Municipales

A los estados les corresponde la formulación y conducción de la política estatal en materia de residuos, a través de la Ley Estatal de Medio Ambiente, la Constitución política estatal y los programas estatales en materia de residuos. Entre las leyes estatales para residuos se pueden destacar:

- Ley para la gestión Integral de los Residuos del Estado de Querétaro, publicada en Febrero de 2004
- Ley de Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial del Estado de Veracruz, publicada en Junio de 2004
- Ley para la gestión Integral de los Residuos en el Estado y Municipios de Guanajuato, publicada en Mayo de 2005
- Ley de los Residuos Sólidos de Estado de Colima, publicada en Abril 2006
- Ley para la gestión Integral de los Residuos del Estado de Jalisco, publicada en Febrero de 2007
- Ley para la gestión Integral de los Residuos del Estado de Baja California, publicada en Septiembre de 2007
- Ley de Residuos Sólidos para el Estado de Morelos, publicada en Octubre de 2007
- El Distrito Federal Ciudad de México, como entidad federativa y capital de los Estados Unidos Mexicanos, también tiene su Ley de Residuos Sólidos publicada en 2003.

La mayoría de estas leyes estatales fomentan prácticas integrales de manejo y disposición de los residuos sólidos municipales e industriales, sin embargo no establecen lineamientos y pautas específicas para el control de biogás de rellenos sanitarios. Algunas de las leyes, como la del Estado de Querétaro, mencionan como competencia del nivel federal establecer normas técnicas para el manejo del biogás. La Ley el Distrito Federal incluye evitar la disposición peligrosa de residuos sólidos que libere gases y provoque incendios.

Los Municipios tienen a su cargo las funciones de gestión integral de residuos sólidos urbanos, incluyendo la expedición de regulaciones jurídicas aplicables, así como el otorgamiento de autorizaciones y concesiones para llevar a cabo la recolección, traslado, tratamiento y disposición final de los mismos, el establecimiento del registro de grandes generadores y su participación tanto en el control, como en la aplicación de sanciones correspondientes. Algunos de los instrumentos legales incluyen La Ley Orgánica Municipal, Reglamentos de Limpia y Bando de Policía y Buen Gobierno. Como en el caso de la legislación estatal, estos reglamentos municipales no incluyen pautas para el manejo y control del biogás y se concentran en la función de limpieza. Sin embargo, como está consignado en la constitución los municipios deben cumplir con las normas y regulaciones en la materia emitidas por la Federación, en este caso la NOM 083.

Los proyectos que no cumplen con otras disposiciones de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y la NOM 083 con respecto a la calidad del aire o del agua en los sitios de disposición final (rellenos sanitarios y sitios controlados) no serán elegibles para

la intermitencia y bajo volumen en la producción de gas que no asegura el mechero encendido; y también el manejo de lixiviados en los rellenos que afecta la producción de biogás. La falta de recursos financieros es la otra razón encontrada para la falta de cumplimiento a cabalidad de la NOM083. Por otro lado, la norma no establece la cantidad mínima de gas que debe ser captada y quemada, ni las tecnologías específicas a ser usadas. Además, el nivel federal, como la SEMARNAT, encargado de emitir las normas técnicas no tiene mecanismos para penalizar los municipios que no adopten la norma.

registrar reducciones de GEI en la Reserva. Si el verificador de un proyecto encuentra que un proyecto de reducción de GEI no cumple en forma recurrente, o descubre algún incumplimiento culposo o doloso, entonces los créditos por reducción de GEI correspondientes al período del incumplimiento se anularán. El incumplimiento por cuestiones exclusivamente administrativas o por “caso fortuito” no afectará el registro de reducciones de GEI y su correspondiente crédito. Una vez que el verificador de proyectos verifica el cumplimiento reglamentario, las reducciones de GEI asociadas con la parte del período de crédito cumplido por el desarrollador del proyecto serán consideradas válidas.

Los desarrolladores de proyectos pasarán la Prueba de los Requisitos Reglamentarios si demuestran que:

1. Aplican el ajuste por cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana 083, descrito en la Ecuación 5.1 como $NOM_{discount}$
2. No existe ninguna ley estatal ni ningún reglamento municipal que exija a los rellenos sanitarios el control de las emisiones o la instalación de un sistema de recolección y destrucción de gas de relleno sanitario en el lugar del proyecto.
3. Si se agrega un dispositivo de destrucción a un sistema pasivo de control de gas de relleno sanitario, la ley, norma o reglamento que exige la instalación de un sistema de control de gas de relleno sanitario no requiere ningún tratamiento del biogás que era venteado.
4. El proyecto cumple con todas las leyes u ordenanzas federales, estatales y locales vigentes.

Si un proyecto elegible ha comenzado su operación en un relleno sanitario que posteriormente debe acatar una ley, norma, reglamento o permiso que exija la instalación de un sistema de control de gas de relleno sanitario, las reducciones de emisiones podrán ser reportadas en la Reserva hasta la fecha en que se exija legalmente la operación del sistema de control de gas de relleno sanitario. La prueba de adicionalidad reglamentaria debe aplicarse anualmente, al comienzo de cada ciclo de contabilización de reducciones de emisiones.

4 Límites de Estimación de los GEI

El límite de estimación de los gases de efecto invernadero describe las fuentes de los GEI y los gases incluidos en el cálculo del cambio neto de las emisiones asociado con la instalación de un sistema de recolección y destrucción de gas de relleno sanitario.

El límite de estimación de los GEI para el proyecto incluye a todas las fuentes de emisión desde la operación del sistema de recolección de gas de relleno sanitario hasta la destrucción definitiva del gas.

Las emisiones de CO₂ asociadas con la generación y destrucción del gas de relleno sanitario son consideradas emisiones biogénicas¹¹ (a diferencia de a las emisiones antropogénicas) y no se incluirán en el cálculo de reducción de GEI. Esto es consistente con los lineamientos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) para el gas del relleno sanitario.¹²

Este protocolo no contabiliza las reducciones de CO₂ asociadas con el desplazamiento de la electricidad que es generada por combustibles fósiles y es suministrada por red y ni el reemplazo de gas natural. Esta actividad de desplazamiento se clasifica como actividad de reducción indirecta de emisiones, debido a que el cambio en las emisiones de GEI se produce en fuentes que pertenecen y son controladas por el productor de energía o el usuario final del gas natural. Capturar y utilizar el metano, para desplazar la electricidad de base fósil de la red o el gas natural de los sistemas de distribución de gas, podrían llegar a considerarse como proyectos de reducción de GEI complementarios y separados.

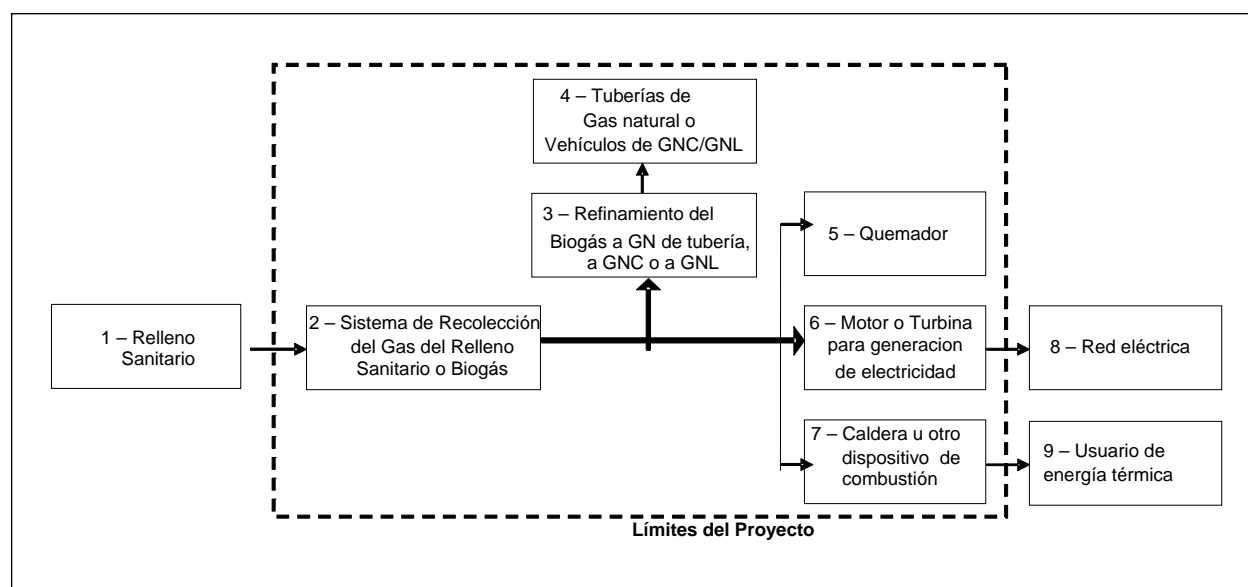


Figura 4.1. Ilustración general del límite de estimación de los GEI.

¹¹ El fundamento es que el bióxido de carbono emitido durante la combustión representa el bióxido de carbono que se habría emitido durante la descomposición natural del residuo sólido. Las emisiones del sistema de control del gas de relleno sanitario no producen un aumento neto del bióxido de carbono en la atmósfera ya que son, teóricamente, equivalentes al bióxido de carbono absorbido durante el crecimiento de la planta.

¹² Guía de Prácticas Recomendadas y Manejo de Incertidumbres en los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero del IPCC; p.5.10, nota al pie.

Tabla 4.1. Principales fuentes de GEI asociadas con las categorías de fuentes. Esta tabla especifica los gases incluidos en el proceso de cálculo

Categoría de Fuente de GEI	Fuente de GEI	Gas	Incluido en los Límites del Proyecto	Comentario
1. Relleno sanitario	<ul style="list-style-type: none"> Emisiones fugitivas de la superficie del relleno sanitario 	CO ₂	No	<i>Se excluyen las emisiones biogénicas*</i>
		CH ₄	No	<i>Se excluyen, las emisiones se habrían producido de no existir el proyecto. **</i>
2. Sistema de Recolección de Gas de relleno sanitario	<ul style="list-style-type: none"> Bocas de pozo y de conductos de recolección 	CH ₄	No	<i>Se excluyen, las emisiones se habrían producido de no existir el proyecto. **</i>
		CO ₂	Sí	<i>Se incluyen todas las emisiones de CO₂ (directas e indirectas) debido a la destrucción del combustible fósil.</i>
	<ul style="list-style-type: none"> Emisiones resultantes de la energía derivada de combustibles fósiles utilizada por compresores, sopladores, y por el sistema de recolección y refinamiento de biogás 	CH ₄	No	<i>Se excluye, debido a que se presume que esta fuente de emisión es muy pequeña.</i>
		N ₂ O	No	<i>Se excluye, debido a que se presume que esta fuente de emisión es muy pequeña.***</i>
<ul style="list-style-type: none"> Emisiones fugitivas desde el conducto hasta el dispositivo de destrucción 	CH ₄	No	<i>Se excluyen, las emisiones se habrían producido de no existir el proyecto.**</i>	
3. Refinamiento del gas de relleno sanitario a calidad de Gas Natural	<ul style="list-style-type: none"> Emisiones resultantes de la energía derivada de combustibles fósiles utilizada para mejorar la calidad del biogás y transportarlo al gasoducto de Gas Natural. 	CO ₂	Sí	<i>Se incluyen todas las emisiones de CO₂ (directas e indirectas) debido a la destrucción de combustibles fósiles.</i>
		CH ₄	No	<i>Se excluye, debido a que se presume que esta fuente de emisión es muy pequeña.</i>
		N ₂ O	No	<i>Se excluye, debido a que se presume que esta fuente de emisión es muy pequeña.***</i>
4. Tubería de Gas Natural o GNC/GNL	<ul style="list-style-type: none"> Emisiones de los compresores y otros equipos asociados con el transporte del gas natural a través de la tubería hasta la destrucción final 	CO ₂	No	<i>Se excluye, debido a que se presume que esta fuente de emisión es muy pequeña.</i>
		CH ₄	Sí	<i>Basado en la eficiencia de destrucción del usuario final, así como en las pérdidas en el procesamiento y la distribución.****</i>
		N ₂ O	No	<i>Se excluye, debido a que se presume que esta fuente de emisión es muy pequeña.***</i>
5. Quemador	<ul style="list-style-type: none"> Emisiones resultantes de la destrucción del gas de relleno sanitario en el quemador 	CO ₂	No	<i>Se excluyen las emisiones biogénicas.*</i>
		CH ₄	Sí	<i>Basado en la eficiencia de destrucción del quemador.</i>
		N ₂ O	No	<i>Se excluye, debido a que se presume que esta fuente de emisión es muy pequeña.***</i>
	<ul style="list-style-type: none"> Emisiones resultantes de la destrucción del combustible fósil en el quemador 	CO ₂	Sí	<i>Se incluyen todas las emisiones de CO₂ debido a la destrucción de combustibles fósiles</i>
		CH ₄	Sí	<i>El CH₄ no destruido del uso de gas natural se basa en la eficiencia de destrucción del quemador.</i>

Categoría de Fuente de GEI	Fuente de GEI	Gas	Incluido en los Límites del Proyecto	Comentario
		N ₂ O	No	Se excluye, debido a que se presume que esta fuente de emisión es muy pequeña. ***
6. Motor o turbina para la generación de electricidad	<ul style="list-style-type: none"> Emisiones resultantes de la destrucción del gas de relleno sanitario en el motor o turbina 	CO ₂	No	Se excluyen las emisiones biogénicas.*
		CH ₄	Sí	Basado en la eficiencia de destrucción del motor o turbina.
		N ₂ O	No	Se excluye, debido a que se presume que esta fuente de emisión es muy pequeña.***
	<ul style="list-style-type: none"> Emisiones resultantes de la destrucción del combustible fósil en el motor o turbina 	CO ₂	Sí	Se incluyen todas las emisiones de CO ₂ debido a la destrucción de combustibles fósiles
		CH ₄	Sí	El CH ₄ no destruido del uso de gas natural se basa en la eficiencia de destrucción del motor o turbina.
		N ₂ O	No	Se excluye, debido a que se presume que esta fuente de emisión es muy pequeña.***
7. Caldera u otro dispositivo de destrucción	<ul style="list-style-type: none"> Emisiones resultantes de la destrucción del gas de relleno sanitario en la caldera u otro dispositivo de destrucción 	CO ₂	No	Se excluyen las emisiones biogénicas.*
		CH ₄	Sí	Basado en la eficiencia de la destrucción en la caldera
		N ₂ O	No	Se excluye, debido a que se presume que esta fuente de emisión es muy pequeña.***
	<ul style="list-style-type: none"> Emisiones resultantes de la destrucción del combustible fósil en la caldera u otro dispositivo de destrucción 	CO ₂	Sí	Se incluyen todas las emisiones de CO ₂ debido a la destrucción de combustibles fósiles
		CH ₄	Sí	El CH ₄ no destruido del uso de gas natural se basa en la eficiencia de destrucción de la caldera
		N ₂ O	No	Se excluye, debido a que se presume que esta fuente de emisión es muy pequeña.***
8. Red Eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> Desplazamiento de las emisiones de GEI originadas por la destrucción del combustible fósil en la electricidad generada a partir de gas de relleno sanitario 	CO ₂	No	Este Protocolo no contempla el desplazamiento de las emisiones de GEI a partir del uso gas de relleno sanitario en Proyectos de Energía
		CH ₄	No	
		N ₂ O	No	
9. Usuario de Energía Térmica	<ul style="list-style-type: none"> Desplazamiento de las emisiones de GEI originadas por la destrucción del combustible fósil en la energía térmica generada a partir de gas de relleno sanitario 	CO ₂	No	Este Protocolo no contempla el desplazamiento de las emisiones de GEI a partir del gas de relleno sanitario en Proyectos de Energía Térmica.

* Las emisiones de bióxido de carbono originadas por la destrucción del gas de relleno sanitario son consideradas emisiones biogénicas (a diferencia de las antropogénicas) y no se incluirán en el cálculo de reducción de GEI.

** Las emisiones de metano que escapa de las tapas o de las válvulas o sellos no necesitan ser incluidas dentro de los límites del proyecto ya que estas emisiones de metano se habrían producido igualmente de no haber existido el proyecto.

*** Las emisiones de óxido nitroso se excluyen de este protocolo por considerarse muy pequeñas. Además, el nivel de incertidumbre que existe sobre los factores de emisión de óxido nitroso es substancial.

**** Las Directrices del IPCC de 1996 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero revisadas establecen un valor estándar de 99,5% para la fracción de carbono oxidado del gas natural destruido (Manual de Referencia, Tabla 1.6, página 1.29). También establece un valor para las emisiones resultantes del procesamiento, transmisión y distribución del gas que podría ser un cálculo muy conservador para las pérdidas en las tuberías y las fugas en el usuario final (Manual de Referencia, Tabla 1.58, página 1.121). Estas emisiones fugitivas se establecen como 118,000 kgCH₄/PJ en base al consumo de gas, que es del 0.6%. Las fugas en los sectores residenciales y comerciales van de 0 a 87,000 kgCH₄/PJ, que es el 0.8%. Estas estimaciones de fuga se combinan y multiplican. La eficiencia de la destrucción del metano para el gas de relleno sanitario inyectado en el sistema de transmisión y distribución de gas natural ahora puede calcularse como el producto de estos tres factores de eficiencia, arrojando una eficiencia total del (99.5% * 99.4% * 99.6%) 98.5% para los usuarios residenciales y comerciales, y del (99.5% * 99.4% * 99.2%) 98.1% para las plantas industriales y de energía.¹³

4.1 Fuga

La fuga es un aumento en las emisiones de GEI causado por el proyecto pero no contabilizado dentro del límite del proyecto. El concepto básico es que un proyecto en particular puede producir efectos fuera de los límites físicos que anulan los beneficios del proyecto total o parcialmente. Si bien existen otras formas de fuga, a los fines de este estándar de desempeño, la fuga está limitada a los cambios de actividades que consisten en el desplazamiento de las actividades y sus correspondientes emisiones de GEI fuera de los límites del proyecto.

No se espera que los proyectos de recolección y destrucción del metano de los rellenos sanitarios provoquen la fuga de los GEI fuera de los límites de estimación de los GEI.

¹³ GE AES Greenhouse Gas Services, Landfill Gas Methodology, Versión 1.0 (Julio 2007).

5 Método de Cálculo de las Reducciones de GEI¹⁴

Las reducciones de los GEI del proyecto se verifican y registran en la Reserva, como mínimo, una vez al año, pero pueden ser verificadas y registradas con mayor frecuencia si se lo desea.

Los modelos que estiman los procesos biológicos y físicos, como la descomposición biológica de los residuos sólidos en los rellenos sanitarios y la migración del gas de relleno sanitario a la atmósfera son cada vez más refinados y accesibles. Los modelos de procesos generalmente se basan en una serie de datos de entrada que, según las investigaciones, han demostrado ser importantes factores determinantes de los procesos biológicos y geoquímicos. En términos de modelos de emisiones de GEI, los modelos de procesos identifican las relaciones matemáticas entre los datos de entrada, las condiciones básicas y las emisiones de GEI. El procedimiento para crear modelos para rellenos sanitarios puede ser bastante complejo y puede estar sujeto a diferentes interpretaciones sobre cómo abordar los factores de generación del gas de relleno sanitario específicos de cada sitio y cómo aplicar los modelos a los rellenos sanitarios en forma eficaz. En este momento, no existe un método globalmente aceptado para determinar la cantidad total de emisiones no controladas de gases de rellenos sanitarios a la atmósfera. A medida que surjan nuevas tecnologías y/o modelos globalmente aceptados para la estimación de las emisiones fugitivas de metano de los rellenos sanitarios, la Reserva considerará la actualización del protocolo para incorporar esos nuevos métodos a las metodologías de cuantificación para la reducción de las emisiones de metano.

5.1 Emisiones de Línea Base

Para este protocolo, no se requiere la realización de los cálculos tradicionales de las Emisiones de Línea Base para cuantificar las reducciones de metano. El escenario base presume que todas las emisiones no controladas de metano son liberadas a la atmósfera excepto por la parte de metano que las bacterias oxidarían en el suelo de los rellenos sanitarios sin cobertura, de no existir el proyecto.¹⁵ También, se requiere una deducción que considera el metano que se destruiría por cumplimiento de la NOM-083.

El factor de descuento NOM-083 contabiliza la destrucción de metano que debería ocurrir en un sistema con pozos y quemadores suficientes para cumplir con la NOM-083-2003. Basado en un análisis de la Reserva, este factor supone que el cumplimiento puede establecerse mediante la instalación de pozos pasivos con mecheros de ignición solar. Con base en una consulta realizada con operadores mexicanos de rellenos sanitarios, ingenieros y expertos de la industria, se estableció que dichos pozos pasivos alcanzan una eficiencia de recolección aproximadamente del 25% de los sistemas activos de recolección que serían instalados bajo

¹⁴ El método de cálculo de reducción de GEI de la Reserva deriva de la metodología de línea base consolidada para proyectos de gas de relleno sanitario dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto (ACM0001 V.6 y AM0053 V.1), el Programa de Líderes Climáticos de la EPA (Protocolo Borrador de Manejo de Rellenos Sanitarios, Octubre 2006), la Metodología para Gas de Relleno Sanitario de los Servicios de Gases de Efecto Invernadero V.1 de GE AES, y la Regla Modelo del RGGI (5 de enero de 2007).

¹⁵ Los rellenos sanitarios que incorporan cobertura sintética como parte de los sistemas de cobertura final deben utilizar un índice de oxidación de metano por defecto igual a 0. Para todos los demás rellenos sanitarios, con cobertura natural, se debe utilizar un factor de oxidación de metano del 10%. Una pequeña porción del metano generado en los rellenos sanitarios (aproximadamente el 10%) se oxida naturalmente a bióxido de carbono por medio de las bacterias metanotróficas de la cobertura natural de los rellenos sanitarios manejados correctamente. El factor del 10% se basa en los lineamientos del año 2006 del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC).

este protocolo. Además, dada la intermitencia de la presencia de la flama y una baja eficiencia de combustión, expertos de la industria sugirieron una eficiencia general de destrucción del metano recolectado del 25%. Bajo estos supuestos, el cumplimiento con la NOM-083 requeriría la destrucción del 6.25% del metano recolectado en el escenario del proyecto. Para ser conservadores, el factor de ajuste por cumplimiento con la NOM-083 ha sido redondeado a un 7%.

Como se menciona en la sección 3.3.1, los proyectos pueden pertenecer a dos categorías de acuerdo al estado del relleno sanitario antes del proyecto y al nivel de manejo del gas del relleno sanitario. Estas categorías requieren de una metodología diferente para el cálculo de las Emisiones de Línea Base relevantes.

1. Los rellenos sanitarios en los que no se ha realizado recolección ni destrucción antes de la implementación del proyecto deben deducir lo siguiente a partir de las Emisiones de Línea Base:
 - a. La cantidad de metano que las bacterias del suelo habría oxidado de no haber existido el proyecto.
 - b. La cantidad de metano que se habría destruido por cumplimiento de la NOM-083.
2. Los rellenos sanitarios en los que ya se ha realizado recolección y/o destrucción mediante un dispositivo de destrucción que cumple con las condiciones requeridas deben deducir lo siguiente a partir de las Emisiones de Línea Base:
 - a. La cantidad de metano que se habría destruido si el dispositivo de destrucción utilizado con anterioridad al proyecto hubiera operado a su máxima capacidad (Ecuación 5.3)
 - b. La cantidad de metano que se habría destruido por cumplimiento de la NOM-083.
 - c. La cantidad de metano que las bacterias del suelo habría oxidado de no haber existido el proyecto

Estas condiciones garantizan que las reducciones resultantes del proyecto de GEI puedan ser contabilizadas independientemente de la recolección y destrucción actual. Solo el gas de relleno sanitario destruido por encima de la cantidad resultante del sistema de recolección y destrucción utilizado antes del proyecto es considerado adicional (es decir, aquellas reducciones resultantes de la implementación de un nuevo proyecto de reducción de GEI).

Como ya se ha mencionado, las operaciones de los rellenos sanitarios que cumplen con la definición de bio-reactor de la EPA no son elegibles para utilizar este protocolo debido a que no se conocen con certeza los efectos que puede tener el bio-reactor sobre las emisiones fugitivas de metano con relación a las condiciones del escenario base.

Este protocolo registra la diferencia en el consumo eléctrico entre el escenario base y el proyecto, asumiendo que no hay consumo eléctrico en el escenario base y deduciendo de las reducciones de emisiones anuales del proyecto las emisiones indirectas de CO₂ anuales debido a la actividad del proyecto

5.2 Emisiones del Proyecto

Como resultado de la actividad del proyecto, se pueden producir o incrementar algunas emisiones de GEI y, por lo tanto, éstas deben deducirse de las reducciones totales del proyecto. Estas emisiones adicionales son generalmente el resultado del mayor uso de energía derivada de combustibles fósiles utilizada para los quemadores, equipos de monitoreo, vehículos de soporte o tratamiento del gas. Como tal, se deben registrar las siguientes categorías de emisiones bajo este protocolo:

- total de emisiones anuales indirectas de bióxido de carbono resultantes del consumo de la electricidad de la red
- total de emisiones anuales de bióxido de carbono resultantes de la destrucción del combustible fósil en el sitio
- total de emisiones anuales de bióxido de carbono resultantes del consumo de gas natural complementario
- total de emisiones anuales de metano resultantes de la combustión incompleta del gas natural complementario.

No obstante, a diferencia de las emisiones resultantes de la destrucción incompleta del gas natural complementario, no se necesita contabilizar las emisiones resultantes de la destrucción incompleta o la liberación fugitiva del gas de relleno sanitario. Se presume que éstas también se habrían liberado a la atmósfera en el escenario base.

5.3 Reducciones de Emisiones del Proyecto

Las reducciones de emisiones del proyecto son las reducciones de emisiones de GEI que ocurren dentro del umbral de estimación del GEI como resultado de la instalación del sistema de control del gas de relleno sanitario. Las reducciones de emisiones del proyecto se calculan en forma anual y retroactiva.

Como se indica en las siguientes ecuaciones, las reducciones de emisiones de GEI del proyecto equivalen a:

- la cantidad total de metano no controlado recolectado del relleno sanitario y destruido mediante el sistema de control de gas de relleno sanitario del proyecto, menos
- la porción de metano oxidado en el escenario base, menos
- las emisiones de bióxido de carbono resultantes del consumo de combustibles fósiles, menos
- las emisiones de metano resultantes de la destrucción incompleta del gas natural, de ser aplicable, menos
- las emisiones indirectas de bióxido de carbono resultantes del uso de la electricidad de la red, menos
- el ajuste por cumplimiento de la Norma Oficial Mexicana 083, menos
- el ajuste por la destrucción pre-proyecto en el escenario base, de ser aplicable, menos
- el factor de descuento aplicado para representar las incertidumbres asociadas con los equipos de monitoreo del proyecto

Ecuación 5.1. Reducciones de emisiones de GEI del Proyecto.

$$ER_y = [(CH_4 Dest_{PR}) * 21 * (1 - OX) * (1 - DF) * (1 - NOM_{discount})] - FFCO_2 - ELCO_2 - PRE_{discount}$$

Donde,

	<u>Unidades</u>
ER _y =	total de reducciones de emisiones de GEI anuales del proyecto tCO ₂ e/año
CH ₄ Dest _{PR} =	total de emisiones anuales de metano destruido por el sistema de recolección y destrucción de gas de relleno sanitario del proyecto – ver Ecuación 5.2 tCH ₄ /año
21 =	factor de Calentamiento Global Potencial de metano a bióxido de carbono equivalente ¹⁶
OX =	factor de oxidación del metano por las bacterias del suelo. Igual a 0.10 para todos los rellenos sanitarios excepto los cubiertos con un recubrimiento sintético como parte del sistema de recubrimiento final, en los que OX = 0.
PRE _{discount} =	ajuste para representar el dispositivo de destrucción de gas de relleno sanitario existente antes del proyecto (ver Ecuación 5.3). Igual a cero en caso de que no existiera ningún sistema de destrucción de biogás anterior a la implementación del proyecto. tCO ₂ e/año
DF =	factor de descuento que representa las incertidumbres asociadas con los equipos de monitoreo del proyecto. Puede ser 0, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20 o 0.25. Igual a cero si se utiliza monitoreo continuo del metano, sin no hay datos faltantes, si todas las pruebas de calibración tuvieron un margen de error dentro del 5% y si se calibra, opera y mantiene de acuerdo a las especificaciones del fabricante (ver Sección 6: Monitoreo del Proyecto).
NOM _{discount} =	factor de descuento que representa los requisitos reglamentarios de la NOM-083 = 0.07

$$FFCO_2 = \frac{\sum_i (FF_{PR,i} * EF_{FF,i})}{1000}$$

Donde,

	<u>Unidades</u>
FFCO ₂ =	total de emisiones anuales de bióxido de carbono resultantes de la destrucción del combustible fósil tCO ₂ /año
FF _{PR,i} =	total de combustible fósil anual consumido por el sistema de recolección y destrucción de gas de relleno sanitario del proyecto, por tipo de combustible i ¹⁷ GJ comb. fósil/año
EF _{FF,i} =	factor de emisión específico por tipo de combustible ¹⁸ . kg CO ₂ /GJ comb. fósil
1000 =	factor de conversión de kilogramos a toneladas métricas kgCO ₂ /tCO ₂

¹⁶ IPCC Segundo Informe de Evaluación: Cambio Climático 1995.

¹⁷ Para conversiones de consumo de combustible de unidades de volumen (l, m³) o masa (kg, g) a unidades de energía (GJ, MJ) usar el Poder Neto Calorífico para combustibles en México. Anexo B Tabla B.2

¹⁸ Factores de emisión para combustibles en México. Anexo B. Tabla B.1.

Ecuación 5.1 (continuación). Reducciones de emisiones de GEI del Proyecto.

$$ELCO_2 = \frac{(EL_{PR} * EF_{EL})}{1000}$$

Donde,		Unidades
ELCO ₂ =	total de emisiones anuales indirectas de bióxido de carbono resultantes del consumo de electricidad de la red	tCO ₂ /año
EL _{PR} =	total de electricidad anual consumida por el sistema de recolección y destrucción de gas de relleno sanitario del proyecto	MWh
EF _{EL} =	factor de emisión de carbono por la electricidad utilizada ¹⁹	kgCO ₂ /MWh
1000 =	factor de conversión de kilogramos a toneladas métricas	kgCO ₂ / tCO ₂

Ecuación 5.2. Total de emisiones anuales de metano destruido

$$CH_4 Dest_{PR} = (CH_4 Dest_{flare} + CH_4 Dest_{electricity} + CH_4 Dest_{thermal} + CH_4 Dest_{upgrade}) * (0.717 * 0.001)$$

Donde,		Unidades
CH ₄ Dest _{flare} =	cantidad neta de metano destruido por quemador	m ³ _s / año
CH ₄ Dest _{electricity} =	cantidad neta de metano destruido por la generación de electricidad	m ³ _s / año
CH ₄ Dest _{thermal} =	cantidad neta de metano destruido por la generación de energía térmica	m ³ _s / año
CH ₄ Dest _{upgrade} =	cantidad neta de metano destruido por el refinamiento del biogás a gas natural de tubería y por la inyección del mismo en las tuberías para su destrucción por parte del usuario final.	m ³ _s / año
0.717 =	densidad del metano en condiciones estándar de 0°C y 1 atm	kg CH ₄ / m ³ CH ₄
0.001 =	factor de conversión de kilogramos a toneladas métricas	tCH ₄ / kgCH ₄

$$CH_4 Dest_i = (Q_i * DE_i) - FFCH_{4,i}$$

Donde,		Unidades
CH ₄ Dest _i =	cantidad neta de metano destruido por el dispositivo i	m ³ _s / año
Q _i =	cantidad total de metano enviado al dispositivo de destrucción i	m ³ _s / año

¹⁹ Los factores de emisión anuales de generación eléctrica calculados por el Programa GEI México (iniciativa público-privada para la contabilidad y reporte de GEI en México de la SEMARNAT-CESPEDES-WRI-WBCSD) están disponibles en la página <http://www.geimexico.org/factor.html>.

Ecuación 5.2 (continuación). Total de emisiones anuales de metano destruido

$FFCH_{4,i}$	Emisiones resultantes de la destrucción incompleta del gas natural complementario enviado al dispositivo de destrucción i. Igual a cero si no se utiliza gas natural complementario	m^3_s /año
DE_i	eficiencia de destrucción del metano por defecto para el dispositivo i ²⁰ . Quemador cerrado = 0.995 Quemador abierto = 0.960 Motores de CI de mezcla pobre para electricidad = 0.936 Motores de CI de mezcla rica para electricidad = 0.995 Turbina de gas grande para electricidad = 0.995 Microturbina para electricidad = 0.995 Caldera térmica = 0.98 Sistema de refinamiento, distribución y uso como gas natural = 0.98 ²¹ Sistema de refinamiento, distribución y uso como GNC y GNL para vehículos = 0.95	
$Q_i = \sum_t LFG_{i,t} * PR_{CH_4,t}$		
<i>Donde,</i>		<u>Unidades</u>
$LFG_{i,t}$	= cantidad total de gas de relleno sanitario suministrado al dispositivo de destrucción i, en el intervalo de tiempo t – ver Ecuación 5.4 para mayor información sobre cómo ajustar el flujo de gas a la temperatura y presión .	m^3_s / t
t	= Intervalo de tiempo durante el cual se consolidan las mediciones de flujo y concentración de biogás. Igual a un día para la concentración de metano monitoreado de manera continua, y una semana para la concentración de metano monitoreado semanalmente.	
$PR_{CH_4,t}$	= fracción promedio de metano del gas de relleno sanitario en el intervalo de tiempo t según su medición.	$m^3 CH_4 / m^3$ Biogás
$FFCH_{4,i} = FF_i * FFG_{CH_4} * (1 - DE_i)$		
<i>Donde,</i>		<u>Unidades</u>
FF_i	= cantidad total anual de gas natural complementario suministrado al dispositivo de destrucción i	m^3_s /año
FFG_{CH_4}	= fracción promedio de metano del gas natural complementario establecida por el proveedor de combustible	$m^3 CH_4 / m^3$ gas natural
DE_i	= eficiencia de destrucción del metano (utilizar la eficiencia de destrucción establecida en la Ecuación 5.2) del dispositivo de destrucción i ²² .	

²⁰ Si se cuenta con este dato, se debe utilizar la eficiencia de destrucción del metano comprobada por una fuente oficial en lugar de la eficiencia de destrucción del metano por defecto. De lo contrario, los desarrolladores de proyectos tienen la opción de utilizar tanto las eficiencias de destrucción del metano por defecto, como las eficiencias de destrucción del metano específicas provistas por un proveedor de servicios de verificación acreditado por un organismo estatal o local, para cada uno de los dispositivos utilizados en el caso del proyecto.

²¹ Las Directrices del IPCC de 1996 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero revisadas establecen un valor estándar de 99,5% para la fracción de carbono oxidado del gas natural destruido (Manual de Referencia, Tabla 1.6, página 1.29). También establece un valor para las emisiones resultantes del procesamiento,

Ecuación 5.3. Ajuste por la destrucción pre-proyecto en el escenario base

$PRE_{discount} = \sum_t [(LFG_{PPmax,t} - LFG_{PP2,t}) * PR_{CH4,t}] * 0.717 * 0.001 * 21$		
<p>Donde,</p> <p>PRE_{discount} =</p> <p>LFG_{PPmax,t} =</p> <p>LFG_{PP2,t} =</p> <p>PR_{CH4,t} =</p> <p>t =</p> <p>0.717 =</p> <p>0.001 =</p> <p>21 =</p>	<p>Ajuste que representa la deducción de la capacidad no utilizada del dispositivo de destrucción anterior al proyecto. Esta deducción se debe aplicar solo cuando se utilice un nuevo dispositivo de destrucción para la actividad del proyecto. Igual a cero si no hay una instalación anterior al proyecto. Ver Cuadro 1 más abajo para obtener un ejemplo de la aplicación del ajuste.</p> <p>capacidad máxima de flujo del gas de relleno sanitario del dispositivo de destrucción de metano (estandarizado a nivel del mar de acuerdo a las especificaciones del fabricante) anterior al proyecto en el intervalo de tiempo t</p> <p>flujo real de gas de relleno sanitario del dispositivo de destrucción de metano anterior al proyecto en el intervalo de tiempo t</p> <p>fracción promedio de metano del gas de relleno sanitario en el intervalo de tiempo t según las mediciones</p> <p>Intervalo de tiempo durante el cual se consolidan las mediciones de flujo y concentración de gas. Igual a un día para la concentración de metano monitoreado de manera continua, y una semana para la concentración de metano monitoreado semanalmente.</p> <p>densidad del metano a condiciones estándar de 0 °C y 1 atm</p> <p>factor de conversión de kilogramos a toneladas métricas</p> <p>factor de Calentamiento Global Potencial de metano a bióxido de carbono equivalente</p>	<p><u>Unidades</u></p> <p>tCO₂e</p> <p>m³ /t</p> <p>m³ /t</p> <p>m³ CH₄ / m³ Biogás</p> <p>Kg CH₄ / m³ CH₄</p> <p>tCH₄ / kgCH₄</p>

transmisión y distribución del gas que podría ser un cálculo muy conservador para las pérdidas en las tuberías y las fugas en el usuario final (Manual de Referencia, Tabla 1.58, página 1.121). Estas emisiones fugitivas se establecen como 118,000 kgCH₄/PJ en base al consumo de gas, que es del 0,6%. Las fugas en los sectores residenciales y comerciales van de 0 a 87,000 kgCH₄/PJ, que es el 0,8%. Estas estimaciones de fuga se combinan y multiplican. La eficiencia de la destrucción del metano para el gas de relleno sanitario inyectado en el sistema de transmisión y distribución de gas natural ahora puede calcularse como el producto de estos tres factores de eficiencia, arrojando una eficiencia total del (99.5% * 99.4% * 99.6%) 98.5% para los usuarios residenciales y comerciales, y del (99.5% * 99.4% * 99.2%) 98.1% para las plantas industriales y de energía.

²² Las eficiencias de destrucción por defecto de los quemadores cerrados y los dispositivos de generación eléctrica se basan en una serie preliminar de datos de verificación de fuentes reales provistos por la agencia de calidad de aire del Área de la Bahía de San Francisco en los Estados Unidos (Bay Area Air Quality Management District). Los valores de eficiencia de destrucción por defecto son los más bajos del 25to percentil de los datos provistos, o 0,995. Estas eficiencias de destrucción por defecto podrán ser actualizadas a medida que la Reserva obtenga más datos comprobados.

Ecuación 5.4. Ajuste del flujo del gas de relleno sanitario a la temperatura y presión estándar

Si los equipos de medición del flujo del biogás en el relleno sanitario no corrigen el flujo a la temperatura y presión estándar en forma interna, se deben utilizar las mediciones de presión y temperatura para corregir la medición del flujo. La temperatura y presión del gas de relleno sanitario debe medirse constantemente.

Importante: Aplique la siguiente ecuación solo en caso de que los equipos de medición del flujo del gas de relleno sanitario no corrijan la temperatura y presión del gas de relleno sanitario en forma interna

$$LFG_s = LFG_{unadjusted} * \frac{273.15}{T} * \frac{P}{1}$$

Donde,

		<u>Unidades</u>
LFG _s =	volumen ajustado del gas de relleno sanitario recolectado durante un determinado intervalo de tiempo, medido a 0° C (273.15 K) y 1 atm.	m ³ _s
LFG _{unadjusted} =	volumen no ajustado del gas de relleno sanitario recolectado durante un determinado intervalo de tiempo	m ³
T =	medición de la temperatura del gas de relleno sanitario recolectado durante un determinado intervalo de tiempo (K= °C + 273.15)	K
P =	medición de la presión del gas de relleno sanitario durante un determinado intervalo de tiempo	atm

Cuadro 1. Aplicación del ajuste pre-proyecto

Este ajuste fue creado para ayudar a diferenciar las mejoras del sistema de los proyectos verdaderamente nuevos y adicionales, alentando a los desarrolladores de proyectos a utilizar el gas de relleno sanitario en forma beneficiosa. En resumen, esta metodología presume que todo gas que *podría* haberse destruido en el dispositivo calificado anterior al proyecto no es adicional; el desvío de ese gas a un dispositivo de destrucción nuevo representa una mejora. Por lo tanto, este término deduce de las reducciones calculadas del proyecto la porción de gas que, de no haber existido el dispositivo de destrucción nuevo, se habría destruido de todos modos.

Ejemplo:

Un quemador activo con una capacidad de 30 m³/min fue instalado en un relleno sanitario en 2007. Por lo tanto, como este quemador funcionaba antes del 15 de agosto de 2008, este sistema de control del gas de relleno sanitario no es elegible como proyecto bajo este protocolo. Sin embargo, en 2009, se instaló un generador eléctrico con una capacidad de 60 m³/min, y se desvió todo el gas de relleno sanitario a este dispositivo. La incorporación del generador eléctrico cumple con los requisitos de elegibilidad de este protocolo y, por ende, califica como nuevo proyecto. Como el quemador existente antes del proyecto es un dispositivo de destrucción que cumple los requisitos de este protocolo (Fig. 2.1) pero no es elegible como proyecto debido a otros criterios de elegibilidad (es decir, la fecha de inicio de operaciones), se debe utilizar el ajuste pre-proyecto.

En el año 2009, se enviaron al generador 25 m³/min y 0 m³/min al quemador. En el año 2010, debido a la expansión del relleno sanitario y a la instalación de nuevos pozos, el generador quemó 40 m³/min, mientras que el quemador no fue utilizado. En 2011, una nueva expansión del pozo permitió al generador operar a su máxima capacidad y el quemador se utilizó para destruir 10 m³/min extra de gas de relleno sanitario.

Cálculos:

Año	Destrucción por Generador (m ³ /min)	Capacidad del Quemador (m ³ /min)	Destrucción por Quemador (m ³ /min)	Deducción (m ³ /min)	Reducciones del Proyecto (m ³ /min)
2009	25	30	0	30	-5 (0)
2010	40	30	0	30	10
2011	60	30	10	20	40

Nota: este ejemplo y los cálculos se han simplificado para fines ilustrativos. Los valores del ejemplo se calcularon en metros cúbicos de biogás por minuto. En realidad, se requiere el reporte del valor acumulado de gas metano enviado al dispositivo de destrucción para cada intervalo de tiempo t.

6 Monitoreo del Proyecto

La Reserva exige que se establezca un Plan de Monitoreo para todas las actividades de monitoreo y reporte relacionadas con el proyecto. El Plan de Monitoreo servirá como base a los verificadores para confirmar que las estipulaciones de las Secciones 6 y 7 han sido cumplidas y se seguirán cumpliendo, y que se está llevando a cabo un monitoreo y registro permanente y estricto. El Plan de Monitoreo no requiere la certificación ISO ni ninguna otra, pero debe cubrir todos los aspectos de monitoreo y reporte contenidos en este protocolo. Además, el Plan de Monitoreo debe proveer un mecanismo mediante el cual se pueda evaluar y certificar el estado de la prueba reglamentaria en forma anual. Como mínimo, el Plan de Monitoreo debe incluir un detalle de la frecuencia con la que se obtienen los datos, el plan de registro (ver Sección 7.2 para conocer los requisitos mínimos de registro), la frecuencia con la que se calibran los instrumentos y el rol de la persona que realiza cada actividad de monitoreo específica. El Plan de Monitoreo también debe contener disposiciones de Aseguramiento de Calidad/Control de Calidad (QA/QC) para garantizar que la obtención de los datos y la calibración métrica se realizan en forma permanente y precisa.

Los desarrolladores de los proyectos son los encargados de monitorear el desempeño del proyecto y de operar el sistema de recolección y destrucción del gas de relleno sanitario de conformidad con las recomendaciones del fabricante para cada componente del sistema. Las reducciones de las emisiones de metano de los sistemas de captura y control del gas de relleno sanitario deben ser monitoreadas por equipos de medición que midan, en forma directa:

- el índice de flujo total del gas de relleno sanitario, antes de ser transferido al (los) dispositivo(s) de destrucción, medido y registrado de manera continua (cada 15 minutos) o de manera acumulada y registrada al menos diariamente, ajustado por temperatura y presión
- la fracción de metano del gas de relleno sanitario medida con un analizador continuo o, en su defecto, con mediciones diarias o semanales utilizando un analizador de gas portátil calibrado,
- el índice de flujo del gas de relleno sanitario hacia cada dispositivo de destrucción, medido y registrado de manera continua (cada 15 minutos) o de manera acumulada y registrada al menos diariamente, ajustada por temperatura y presión, y
- el índice de flujo del gas de relleno sanitario y la concentración de metano, ajustado por temperatura y presión, antes de ser inyectado en el sistema de distribución de gas natural, o de ser distribuido como GNC o GNL para vehículos.

A menudo, el instrumento de medición directa utiliza también un grabador de datos para almacenar y documentar los datos sobre el flujo del gas de relleno sanitario y la concentración de metano, y puede ser configurado para proveer la cantidad de metano (por volumen) recolectado del relleno sanitario en forma periódica, según las especificaciones del operador.

El analizador continuo de metano debería ser la opción preferida para monitorear las concentraciones de metano, ya que el contenido de metano del gas de relleno sanitario captado puede variar en más del 20% en el mismo día debido a las condiciones de la red de captura de gas (dilución con el aire de las bocas de los pozos, fugas en las tuberías, etc).^{23, 24}

²³ La fracción de metano del gas de relleno sanitario debe ser medida en forma húmeda o seca (se debe medir sobre la misma base que el flujo, temperatura y presión). No se necesita monitorear por separado la temperatura y la

Cuando se utiliza el método alternativo de medición semanal por medio de un analizador de gas portátil calibrado, los desarrolladores de los proyectos deben tener en cuenta el grado de incertidumbre relacionado con estas mediciones aplicando un factor de descuento del 10% a la cantidad total de metano recolectado y destruido.

La Figura 6.1 representa la disposición sugerida de los medidores de flujo del gas de relleno sanitario y los equipos de medición de concentración de metano.

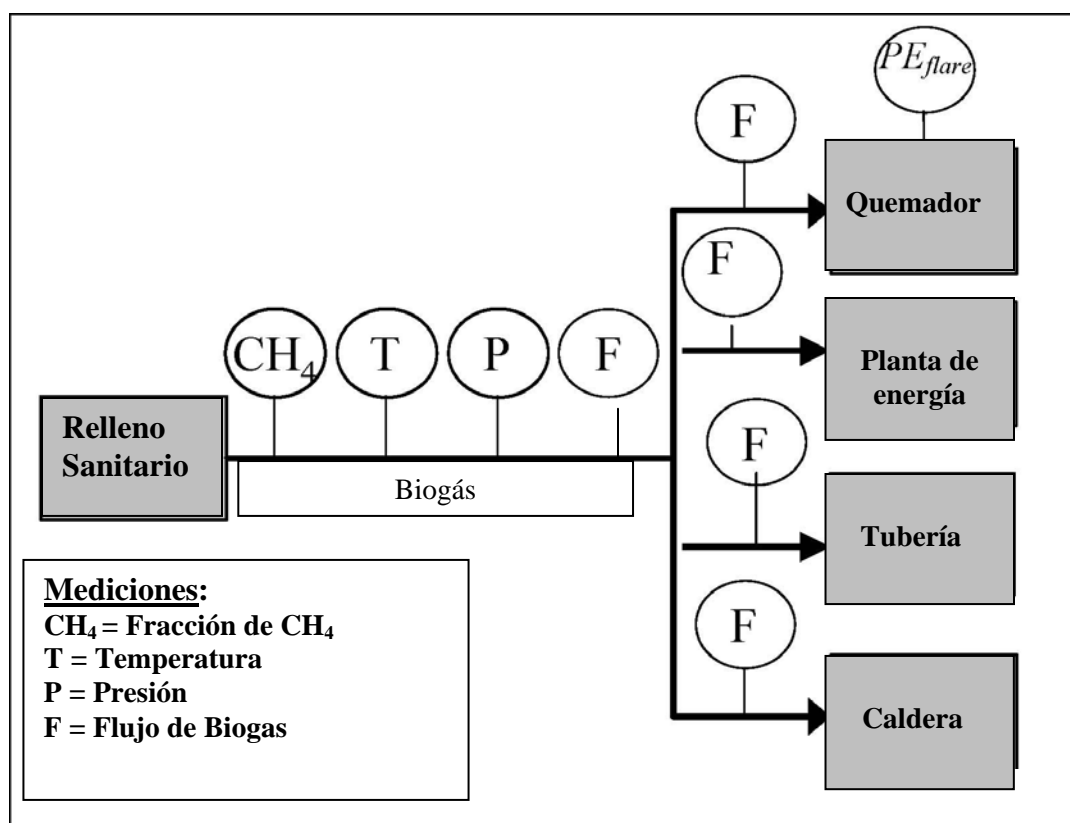


Figura 6.1. Disposición sugerida de los equipos de medición de biogás

Nota: El número de medidores de flujo debe ser suficiente para rastrear tanto el flujo total como el flujo hacia cada dispositivo de destrucción. El escenario presentado incluye un medidor de flujo más que lo necesario para alcanzar este objetivo.

Fuente: Metodología de línea base consolidada para proyectos de gas de relleno sanitario dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto (ACM0001, V.7, Alcance Sectorial 13 (2007))

Los proyectos podrán utilizar mediciones de concentración de metano mensuales obtenidas mediante un analizador de gas portátil calibrado hasta el 1 de enero de 2010. Después de dicha fecha, se requiere el uso de un analizador continuo de metano o de mediciones

presión cuando se utilizan medidores de flujo que miden la temperatura y presión en forma automática, y expresan los volúmenes de biogás en metros cúbicos a las condiciones estándar de 0 °C y 1 atm.

²⁴ Metodología de base consolidada para las actividades de los proyectos de gases de relleno sanitario, Mecanismo de Desarrollo Limpio, ACM0001, V.7. Alcance Sectorial 13 (2007)

semanales con un analizador de gas portátil calibrado. En los casos en que se utilizan mediciones de concentración de metano mensuales, los desarrolladores de proyectos deben tener en cuenta el grado de incertidumbre relacionado con estas mediciones aplicando un factor de descuento del 20% a la cantidad total de metano recolectado y destruido.

La actividad operativa horaria del sistema de recolección de gas de relleno sanitario y los dispositivos de destrucción debe ser monitoreada y documentada para garantizar la destrucción real del gas de relleno sanitario. Las reducciones de GEI no se contabilizarán durante los períodos en que el dispositivo de destrucción no esté funcionando. Este periodo se define como el tiempo entre la lectura de flujo precedente y siguiente a la falla del dispositivo.

Los equipos de medición son sensibles a la calidad del gas (humedad, partículas, etc.), por lo que se debe establecer en el plan de monitoreo un estricto procedimiento de QA/QC para la calibración de dichos equipos. Como mínimo, los instrumentos de medición deben ser inspeccionados, limpiados y calibrados en forma trimestral y en conformidad con las especificaciones del fabricante. Todos los medidores de flujo de gas y analizadores continuos de metano deben ser:

- Limpiados, inspeccionados y checados en campo en forma trimestral, usando un instrumento portátil para medir la velocidad del flujo (como un tubo pitot) o las guías especificadas por el fabricante, y
- Calibrado por el fabricante o por un proveedor de servicios de calibración certificado para su calibración una vez al año.

Los instrumentos de calibración portátil, como un tubo pitot o un analizador portátil de gas, deben calibrarse, como mínimo, una vez al año en un laboratorio acreditado bajo las normas ISO 17025. Además, los analizadores portátiles de gas deben calibrarse en campo previamente a cada uso, y ser limpiados, inspeccionados, y darles mantenimiento profesionalmente de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

En los casos donde los equipos de monitoreo del índice de flujo o concentración de metano no pasen una prueba de calibración (que excedan el margen de error permitido de 5%), o se pierdan datos, el desarrollador del proyecto podrá usar las indicaciones provistas en el Anexo C. Si, por cualquier razón, el equipo de monitoreo del dispositivo de destrucción (por ejemplo, el termopar del quemador) no funciona, entonces no se podrá registrar ninguna reducción de emisión durante el período de inoperabilidad.

En las Ecuaciones 5.2 y 5.2a se debe utilizar la eficiencia de destrucción de metano oficial comprobada, si se cuenta con este dato, en lugar de la eficiencia de destrucción de metano por defecto. De lo contrario, los desarrolladores de proyectos tienen la opción de utilizar tanto las eficiencias de destrucción de metano provistas por defecto en este protocolo, como las eficiencias de destrucción de metano específicas del sitio provistas por un proveedor de servicios de verificación acreditado por una agencia local o estatal, para cualquiera de los dispositivos de destrucción utilizados en el caso del proyecto.

Los parámetros de monitoreo establecidos para calcular las Emisiones de Línea Base y del proyecto se indican en la Tabla 6.1 (adaptada de ACM0001, V.6).

Tabla 6.1. Datos de monitoreo a ser recolectados y utilizados para calcular las reducciones de emisiones

Parámetro	Descripción	Unidad de datos	calculado (c) medido (m) estimado (e)	Frecuencia de medición	Comentario
LFG _{PR total}	Cantidad total de biogás recolectado del Proyecto	m ³	m	Continuamente	Medida continuamente por un medidor de flujo y registrada al menos una vez cada 15 minutos, o de manera acumulada al menos diariamente. Los datos son consolidados por intervalo de tiempo t (ver Ecuación 5.2)
LFG _{PP2}	Cantidad de biogás destruida por el sistema de recolección original antes de la instalación del proyecto	m ³	m/c	Continuamente	Medida continuamente por un medidor de flujo y registrada al menos una vez cada 15 minutos, o de manera acumulada al menos diariamente. Se mide para calcular el factor de descuento en la Ecuación 5.3.
LFG _{PPmax}	Capacidad máxima de flujo de biogás del dispositivo de destrucción de metano calificado anterior al proyecto	m ³	c	Al comienzo del primer ciclo de reporte	Calculada en base a las especificaciones del fabricante (estandarizado a nivel del mar) y/o los ingenieros para el dispositivo de destrucción y sistema de vacío. Se debe utilizar la capacidad máxima del componente limitante, ya sea el dispositivo de destrucción o del soplador.
LFG _{flare}	Cantidad de biogás quemada	m ³	m	Continuamente	Medida continuamente por un medidor de flujo y registrada al menos una vez cada 15 minutos, o de manera acumulada al menos diariamente. Los datos son consolidados por intervalo de tiempo t (ver Ecuación 5.2) para cada quemador.
LFG _{electricity}	Cantidad de biogás destruida en la planta de energía	m ³	m	Continuamente	Medida continuamente por un medidor de flujo y registrada al menos una vez cada 15 minutos o de manera acumulada al menos diariamente. Los datos son consolidados por intervalo de tiempo t (ver Ecuación 5.2) para cada planta de energía.
LFG _{thermal}	Cantidad de biogás destruida en la caldera	m ³	m	Continuamente	Medida continuamente por un medidor de flujo y registrada al menos una vez cada 15 minutos o de manera acumulada al menos diariamente. Los datos son consolidados por intervalo de tiempo t (ver Ecuación 5.2) para cada caldera.

Parámetro	Descripción	Unidad de datos	calculado (c) medido (m) estimado (e)	Frecuencia de medición	Comentario
LFG _{upgrade}	Cantidad de biogás refinado suministrado al sistema de Distribución de GN o a los vehículos de GNC/GNL	m ³	m	Continuamente	Medida continuamente por un medidor de flujo y registrada al menos una vez cada 15 minutos o de manera acumulada al menos diariamente. Los datos son consolidados por intervalo de tiempo t (ver Ecuación 5.2) para cada sistema
PR _{CH4}	Fracción de metano del gas de relleno sanitario	m ³ CH ₄ / m ³ biogás	m	Continuamente o semanalmente	Medida por un analizador de gas continuo o un analizador de gas portátil. Los datos son consolidados por intervalo de tiempo t (ver Ecuación 5.2) para el ciclo de reporte. La fracción de metano del biogás se mide en forma húmeda y seca ²⁵ . Se mide para determinar la densidad del metano D _{CH4}
T	Temperatura del biogás	°C	m	Continuamente	Se mide para ajustar el flujo del biogás. No se necesita monitorear la temperatura por separado cuando se utilizan medidores que ajustan los volúmenes de flujo a la temperatura y presión en forma automática, expresando los volúmenes de biogás en metros cúbicos a las condiciones estándar de 0 °C y 1 atm.
P	Presión del biogás	atm	m	Continuamente	Se mide para ajustar el flujo del biogás. No se necesita monitorear la presión por separado cuando se utilizan medidores que ajustan los volúmenes de flujo a la temperatura y presión en forma automática, expresando los volúmenes de biogás en metros cúbicos a las condiciones estándar de 0 °C y 1 atm..
t	Intervalo de tiempo	día o semana		N/A	Si se mide la concentración de metano continuamente, t=1 día; si se mide semanalmente, t=1 semana.
EL _{PR}	Cantidad total de electricidad requerida para satisfacer los requisitos del proyecto	MWh	m	Mensualmente	Se obtiene de las mediciones en el sitio o de los registros de compra de energía eléctrica. Se requiere para determinar las emisiones de CO ₂ resultantes del consumo de la electricidad necesaria para realizar las actividades del proyecto.
EF _{EL}	Factor de emisión de carbono de la electricidad	kg CO ₂ /MWh	c	Anualmente	Usar los factores de emisión específicos del sector eléctrico de México (ver sección 5.3).

²⁵ El flujo de biogás, la concentración de metano, la temperatura y la presión pueden medirse tanto en forma húmeda o seca. No obstante, todos los parámetros deben medirse y calcularse sobre la misma base.

Parámetro	Descripción	Unidad de datos	calculado (c) medido (m) estimado (e)	Frecuencia de medición	Comentario
FF _x	Cantidad total anual de gas natural complementario enviado al dispositivo de destrucción	m ³ /año	m	Continuamente	Medido antes de ser enviado al dispositivo de destrucción. Se requiere para determinar las emisiones de CH ₄ resultantes de la destrucción incompleta del gas natural complementario en cada dispositivo de destrucción.
FF _{PR}	Cantidad total de combustible fósil necesario para satisfacer los requisitos del proyecto	m ³ o litros	c	Mensualmente	Calculado de los registros mensuales de combustible fósil comprado y consumido. Se requiere para determinar las emisiones de CO ₂ resultantes del uso de combustibles fósiles para las actividades del proyecto.
Reglamentaciones	Ratificación del desarrollador del proyecto sobre el cumplimiento de los requisitos reglamentarios relacionados con el proyecto de gas de relleno sanitario	n/a	n/a	Al comienzo de cada ciclo de reporte.	La información se utiliza para la aplicación de la prueba reglamentaria de adicionalidad. El desarrollador del proyecto debe documentar todas las leyes, normas y reglamentos del nivel federal, estatal y local (y sus respectivos cumplimientos) aplicables al proyecto de reducción de GEI. El desarrollador del proyecto debe presentar una ratificación firmada sobre el cumplimiento de las mencionadas leyes, normas y reglamentos del nivel federal, estatal y local.
Operación de la planta de energía	Operación de la planta de energía	Horas	m	Por hora	Se monitorea para asegurarse que la destrucción del metano por el uso de biogás en la planta de energía sea declarada solo cuando ésta esté funcionando.
Operación de la caldera	Operación de la caldera	Horas	m	Por hora	Se monitorea para asegurarse que la destrucción del metano por el uso de biogás en la caldera sea declarada solo cuando ésta esté funcionando.
Operación del quemador	Operación del quemador	Horas	m	Por hora	Se monitorea para asegurarse que la destrucción del metano por el uso de biogás en el quemador sea declarada solo cuando éste esté funcionando.

Parámetro	Descripción	Unidad de datos	calculado (c) medido (m) estimado (e)	Frecuencia de medición	Comentario
DE	Opcional: Datos de verificación de origen sobre la eficiencia de destrucción del metano del dispositivo de destrucción	% de eficiencia de destrucción	m	Anualmente	Los desarrolladores de proyectos tienen la opción de utilizar un proveedor de servicios de verificación acreditado por una agencia estatal o local para comprobar la eficiencia de destrucción del metano de cada uno de los dispositivos de destrucción utilizados en el caso del proyecto. Si se utilizan datos de verificación de origen para determinar la eficiencia de destrucción de la Ecuación 5.2, se debe presentar toda la documentación de las pruebas al verificador.

7 Parámetros de Reporte

Esta sección ofrece una guía sobre las reglas y procedimientos de reporte. Una de las prioridades de la Reserva es facilitar la divulgación de información en forma consistente y transparente entre los desarrolladores de proyectos. Se deben reportar las reducciones de emisiones netas de metano y bióxido de carbono dentro del límite de estimación de los GEI. Una vez por año los desarrolladores de proyectos deben presentar al Reserva reportes de las reducciones de emisiones verificadas.

7.1 Documentación para la Presentación del Proyecto

Los desarrolladores de proyectos deben presentar la siguiente información al Reserva antes de registrar las reducciones asociadas con la instalación de un sistema de recolección y destrucción de gas de relleno sanitario.

- Formulario de presentación de proyectos completo
- Ratificación de Titularidad firmada
- Reporte de verificación del proyecto completo (anualmente)
- Dictamen de verificación positiva (anualmente)
- Ratificación del Cumplimiento Reglamentario firmada (anualmente)

Como mínimo, la mencionada documentación del proyecto estará públicamente disponible a través de la herramienta de reporte en línea de la Reserva. Se podrán poner a disposición otros datos y documentos en forma voluntaria a través de la Reserva.

Los desarrolladores de proyectos deben presentar reportes del proyecto anuales a través de la Reserva. Los formularios de presentación de proyectos y la información para registrar proyectos se puede encontrar en: <http://www.climateactionreserve.org/how-it-works/projects/register-a-project/documents-and-forms/>.

7.2 Mantenimiento de Registros

Con el propósito de poder realizar verificaciones independientes y llevar un registro histórico de la documentación, los desarrolladores de proyectos deben conservar toda la información descrita en este protocolo por un período de 10 años desde el momento de su generación o por 7 años desde su última verificación.

La información que el desarrollador del proyecto debe conservar es:

- Todas las entradas de datos sobre el cálculo de las reducciones de las emisiones del proyecto.
- Copias de todos las licencias o permisos de operación de residuos sólidos, aire, agua y tierra, avisos de incumplimiento, y toda orden de autorización administrativa o legal fechada, al menos, 3 años antes de la fecha de inicio del proyecto, y por cada año siguiente de operación del mismo.
- Ratificación del desarrollador del proyecto del cumplimiento de los requisitos reglamentarios relacionados con el proyecto de gas de relleno sanitario.
- Información sobre los dispositivos de recolección y control (fechas de instalación, listado de equipos, etc.)

- Información sobre el medidor de flujo del gas de relleno sanitario (número de modelo, número de serie, procedimientos de calibración del fabricante).
- Información sobre el monitor de metano (número de modelo, número de serie, procedimientos de calibración).
- Información sobre el monitor del dispositivo de destrucción (número de modelo, número de serie, procedimientos de calibración).
- Datos del flujo del biogás (para cada medidor de flujo)
- Datos de calibración del medidor de flujo del biogás (para cada medidor de flujo)
- Datos de monitoreo del metano
- Datos de calibración del monitor de metano
- Datos de monitoreo del dispositivo de destrucción (para cada dispositivo de destrucción)
- Datos de calibración del monitor del dispositivo de destrucción (para cada dispositivo de destrucción)
- Cálculos mensuales y anuales de las toneladas de CO₂e
- Registros y resultados de las verificaciones iniciales y anuales.
- Todos los registros de mantenimiento relevantes al sistema de control del gas de relleno sanitario, equipos de monitoreo y dispositivos de destrucción.

La información sobre el analizador de gas portátil calibrado que el desarrollador del proyecto debe conservar es:

- Fecha, hora y lugar de medición del metano
- Contenido de metano del biogás (% por volumen) para cada medición
- Tipo y número de serie del instrumento de medición del metano
- Medidas correctivas adoptadas en caso de que el instrumento no cumpla con las especificaciones de desempeño.

7.3 Ciclo de Reporte

A los fines de este protocolo, los desarrolladores de proyectos reportan las reducciones de GEI asociadas con la instalación de un sistema de recolección y destrucción de gas de relleno sanitario que ocurrieron en el año anterior. Si bien los proyectos deben ser verificados, como mínimo, una vez al año, la Reserva aceptará reportes verificados de reducción de emisiones cada seis meses, si el desarrollador del proyecto opta por un sistema de verificación sub-anual (es decir, mensual, trimestral, etc.)

7.4 Período de Crédito del Proyecto

Los desarrolladores de proyectos son elegibles para registrar reducciones de GEI en la Reserva conforme a este protocolo por un período de diez años o hasta que se requiera el cumplimiento reglamentario debido a la no aprobación de la prueba de adicionalidad reglamentaria. Si un proyecto elegible ha comenzado su operación en un relleno sanitario que luego es sometido por ley, norma o reglamento a la instalación y operación de un sistema de control de gas de relleno sanitario, las reducciones de emisiones podrán ser reportadas al Reserva hasta la fecha en que se exija legalmente la entrada en funcionamiento del sistema de control de gas de relleno sanitario.

El período de crédito comienza cuando comienza a operar el sistema de recolección y destrucción de gas de relleno sanitario, independientemente de si se tienen o no datos de monitoreo suficientes para registrar créditos.

7.5 Reporte de Reducciones fuera de la Reserva de Acción Climática

La Reserva exige que los desarrolladores de proyectos registren las reducciones de los proyectos de reducción de GEI en un solo registro. Sin embargo, tratándose de un sistema voluntario, la facultad para hacer cumplir este requisito es limitada. Por lo tanto, si un desarrollador de proyecto participa en este programa, es su responsabilidad dar a conocer en forma transparente el registro de todas las reducciones de emisiones relacionadas con la actividad del proyecto que ocurren fuera de la Reserva. Una vez presentada la documentación para la inscripción del proyecto en la Reserva, los desarrolladores de proyectos deben presentar una ratificación al Reserva que exprese que las reducciones de GEI que se están registrando no están siendo registradas en ninguna otra parte. Si la Reserva determinara que las reducciones de emisiones han sido registradas por duplicado, todas las reducciones duplicadas reportadas en la Reserva serán anuladas.

En caso de que las reducciones de GEI resultantes del proyecto ya se hubieran registrado o debieran ser registradas en otro registro o programa, o se hubieran vendido a un tercero antes de la presentación del proyecto en la Reserva, se debe completar y presentar en la Reserva un Formulario de Transferencia de Proyecto junto con los demás documentos de inscripción del proyecto.

Glosario de Términos

Adicionalidad	Prácticas de manejo de rellenos sanitarios que exceden las prácticas de operación habituales, superan la caracterización original, y no son exigidas por la ley
Anaeróbico	Relativo a, o causado por la ausencia de oxígeno.
Bio-reactor	Rellenos sanitarios de residuos sólidos municipales, o una parte de éste, que posee un contenido mínimo promedio de humedad de, al menos, el 40 por ciento en peso, y que hace recircular lixiviado, o rellenos sanitarios de residuos sólidos municipales, o una parte de éste, que agrega otro líquido que no sea lixiviado (el lixiviado incluye condensado de gas de relleno sanitario) de manera controlada para acelerar o mejorar la biodegradación anaeróbica de los residuos.
CO ₂ Equivalente (CO ₂ e)	La cantidad de un determinado GEI multiplicada por su potencial de calentamiento global total. Esta es la unidad estándar para comparar el grado de calentamiento que pueden causar los diferentes gases de efecto invernadero.
Combustible fósil	Combustible, como el carbón, aceite y gas natural, producido por la descomposición de plantas y animales fosilizados.
Combustión móvil	Emisiones resultantes del transporte de materiales, productos, residuos y empleados como consecuencia de la combustión de los combustibles de las fuentes de combustión móviles pertenecientes a, o controladas por una compañía (ej. Automóviles, camiones, tractores, topadoras, etc.)
COVDM	Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes al Metano,
Desarrollador del Proyecto	Entidad que lleva a cabo una actividad de proyecto, como se identifica en el Protocolo de Proyectos de Rellenos Sanitarios. El desarrollador del proyecto puede ser un tercero independiente o la entidad que maneja el relleno sanitario.
Bióxido de carbono (CO ₂)	El gas más común de los seis gases de efecto invernadero primarios, compuesto por un solo átomo de carbono y dos átomos de oxígeno.
Emisiones antropogénicas	Emisiones de gas de efecto invernadero provocadas por la actividad humana, consideradas como un componente no natural del Ciclo del Carbono (ej: destrucción de combustibles fósiles, deforestación, etc.).
Emisiones de CO ₂ biogénicas	Emisiones de CO ₂ que resultan de la destrucción y/o descomposición aeróbica de la materia orgánica. Las emisiones biogénicas son consideradas una parte natural del Ciclo del Carbono, a diferencia de las emisiones antropogénicas.
Emisiones directas	Emisiones de gas de efecto invernadero de fuentes pertenecientes a, o controladas por la entidad que las reporta.
Emisiones indirectas	Emisiones que resultan como consecuencia de las acciones de la entidad que las reporta, pero que son producidas por fuentes pertenecientes a, o controladas por otra entidad.

Factor de emisión (FE)	Valor único para determinar una cantidad de gas de efecto invernadero emitida para una determinada cantidad de datos de actividades (ej. Toneladas métricas de bióxido de carbono emitidas por cada barril de combustible fósil quemado)
Fuente de combustión estacionaria	Fuente estacionaria de emisiones resultantes de la producción de electricidad, calor o vapor, como consecuencia del quemado de los combustibles en las calderas, hornos, turbinas y demás equipos de las instalaciones.
Gas Licuado del Petróleo (GLP)	Combustible que se obtiene de la destilación del petróleo y del tratamiento de los líquidos del gas natural. Se compone principalmente de propano, butano, o una mezcla de ambos.
Gas de efecto invernadero (GEI)	Bióxido de carbono (CO ₂), metano (CH ₄), óxido nitroso (N ₂ O), hexafluoruro de azufre (SF ₆), hidrofluorocarbonos (HFCs), o perfluorocarbonos (PFCs).
Gas de relleno sanitario (Biogás)	Gas que resulta de la descomposición de los residuos dispuestos en un relleno sanitario. Generalmente, el gas de relleno sanitario contiene metano, bióxido de carbono y otros gases orgánicos e inertes.
Línea Base del proyecto	Estimación de emisión de GEI habitual con respecto a la cual se miden las reducciones de emisiones de GEI generadas por una actividad de reducción de GEI específica.
Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL)	Uno de los mecanismos de flexibilización del Protocolo de Kyoto. Permite a los países del Anexo 1 del Protocolo de Kyoto suscribir acuerdos para cumplir con metas de reducción de gases de efecto invernadero (GEI) en el primer periodo de compromiso comprendido entre los años 2008 - 2012, invirtiendo en proyectos de reducción de emisiones en países en vías de desarrollo (también denominados países no incluidos en el Anexo 1 del Protocolo de Kyoto).
Metano (CH ₄)	Potente gas de efecto invernadero con un Potencial de Calentamiento Global de 21, compuesto por un solo átomo de carbono y cuatro átomos de hidrógeno.
Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003	Norma oficial vigente que provee especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.
Organismo verificador	Firma acreditada por la Reserva y el Estado de California para emitir un dictamen de verificación y ofrecer servicios de verificación a los operadores que deben presentar los reportes establecidos por este protocolo.
Óxido nitroso (N ₂ O)	Gas de efecto invernadero compuesto por dos átomos de nitrógeno y un solo átomo de oxígeno.
Potencial de calentamiento global (PCG)	Índice de fuerza radiactiva (grado de calentamiento atmosférico) que podría resultar de la emisión de una unidad de un determinado GEI comparado con una unidad de CO ₂ .
Proyecto de gas de relleno sanitario	Instalación de infraestructura cuya operación genera una disminución de las emisiones de GEI por medio de la destrucción del componente de metano del gas de relleno sanitario.
Quemador	Dispositivo de destrucción que utiliza una llama abierta para quemar gases combustibles con aire de combustión provisto por el aire ambiental no

	controlado que rodea a la llama.
Rellenos sanitarios	Área de tierra definida o excavación que recibe o ha recibido residuos como residuos domésticos, residuos sólidos comerciales, residuos no peligrosos y residuos sólidos industriales.
Tonelada métrica (TM) o “tonelada”	Medida internacional comúnmente utilizada para representar la cantidad de emisiones de GEI, equivalente a aproximadamente 2204,6 libras o 1,1 toneladas cortas.
Verificación	Proceso utilizado para garantizar que las emisiones o reducciones de emisiones de GEI de un determinado participante han cumplido con el estándar mínimo de calidad y con los procedimientos y protocolos establecidos por la Reserva para calcular y reportar las emisiones y reducciones de emisiones de GEI.
Verificador acreditado	Firma verificadora aprobada por la Reserva para proveer servicios de verificación a los desarrolladores de proyectos.

Referencias

Reserva de Acción Climática, Protocolo de Reporte General Versión 2.2, Marzo 2007.

Página web de la Junta de Recursos del Aire de California: California Air Resources Board, Landfill Methane Control Measure <http://www.arb.ca.gov/cc/ccea/landfills/landfills.htm>.

GE AES Greenhouse Gas Services, Landfill Gas Methodology, Versión 1.0 (Julio 2007).

Intergovernmental Panel on Climate Change, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories (2001).

Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 10: Emissions from Livestock and Landfill (2006)

International Organization for Standardization, ISO 14064 Greenhouses Gases Part 2, "Specification with Guidance at the Project Level for Quantification, Monitoring and Reporting of Greenhouse Gas Emissions Reductions or Removal Enhancements", Primera edición 2006-03-01.

International Organization for Standardization, ISO 14064 Greenhouses Gases Part 3, "Specification With Guidance for the Validation and Verification of Greenhouse Gas Assertions", Primera Edición 2006-03-01.

Methane to Markets Partnership Landfills Subcommittee. 2007 Methane To Markets Partnership Expo, Preliminary Assessment For Landfill Methane Partnership Opportunities.

Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions. "Harnessing Farms and Forests in the Low-Carbon Economy How to Create, Measure, and Verify Greenhouse Gas Offsets", Duke University Press, Durham & London, 2007.

Regional Greenhouse Gas Initiative, Draft Model Rule (Enero 2007).

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Revisions to the Approved Consolidated Baseline and Monitoring Methodology ACM0001, "Consolidated baseline methodology for landfill gas project activities," Clean Development Mechanism, Versions 06, Sectoral Scope 13 (Julio 2007).

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Revisions to the Approved Consolidated Baseline and Monitoring Methodology ACM0001, "Consolidated baseline methodology for landfill gas project activities," Clean Development Mechanism, Versions 07, Sectoral Scope 13 (Noviembre 2007).

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Approved Baseline and Monitoring Methodology AM0053, "Biogenic methane injection to a natural gas distribution grid" Clean Development Mechanism, Version 01, Sectoral Scopes 01 and 05 (2007).

U.S. Department of Energy 1605(b) Technical Guidelines for Voluntary Reporting of Greenhouse Gas Program.

U.S. Environmental Protection Agency, Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990-2005, EPA-430-R-07-002 (Abril 2007).

U.S. Environmental Protection Agency - Climate Leaders, Draft Offset Protocol – Landfill Methane Collection and Combustion (Octubre 2006).

World Resource Institute y World Business Counsel for Sustainable Development, Greenhouse Gas Protocol for Project Accounting (Noviembre 2005).

Anexo A Desarrollo del Umbral del Estándar de Desempeño

A.1. Análisis de las Prácticas Comunes – Estándar de Desempeño

Este análisis se desarrolla con base en los datos disponibles en las páginas del Internet de instituciones Mexicanas como el Instituto Nacional de Ecología (INE), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), y datos suministrados directamente por la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL).

Se presentan dos tipos de mejores prácticas para definir el Umbral del Estándar de Desempeño: primero, el uso de rellenos sanitarios como tecnología de disposición final de residuos sólidos en lugar de otras tecnologías como tiraderos a cielo abierto o sitios controlados; y segundo el uso de un sistema de captura y destrucción del biogás en lugar del venteo pasivo en los rellenos sanitarios.

Uso de Rellenos Sanitarios

Las definiciones de los diferentes tipos de disposición final de los residuos sólidos en México, de acuerdo a la legislación vigente, se muestran en la Tabla A.1 y en la Tabla A.2 se muestra la evolución del uso de los diferentes tipos de disposición basada en la cantidad de desechos depositados.

Tabla A.1. Definiciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003

NOM 83	Definiciones
Sitio de Disposición Final	Lugar donde se depositan los residuos sólidos municipales en forma definitiva
Sitio No Controlado	Sitio inadecuado de disposición final que no cumple con los requisitos establecidos en la Norma 083
Sitio Controlado	Sitio inadecuado de disposición que cumple con las especificaciones de un relleno sanitario en lo que se refiere a obras de infraestructura y operación, pero no cumple con los requerimientos de impermeabilización
Relleno Sanitario	Infraestructura que involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial con el fin de controlar los impactos ambientales
Venteo	Salida controlada de los gases producto de la descomposición anaerobia de la fracción orgánica de los residuos sólidos municipal

Fuente: SEMARNAT. Normas Oficiales Mexicanas Vigentes.

<http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM-083-SEMAR-03-20-OCT-04.pdf>

En los últimos 10 años el destino final de los residuos sólidos en México ha mudado. En 1996 los sitios no controlados, o tiraderos a cielo abierto, recibían el 64% de los residuos, y para el 2006 este porcentaje había disminuido a la mitad. Los sitios no controlados están siendo clausurados y su uso ha disminuido, por otro lado hay mayor construcción de rellenos sanitarios y los existentes están recibiendo más residuos. A partir los datos de la Tabla A.2. se concluye que los rellenos sanitarios en México son la práctica común como sitios de disposición final de los residuos sólidos, con un 57% de penetración con respecto a todos los residuos depositados en el 2006. Los rellenos sanitarios, operados técnica y correctamente, producen menores impactos ambientales y son mejores prácticas que los tiraderos a cielo abierto y los sitios controlados para la disposición de residuos sólidos

Tabla A.2. Evolución de los Sitios de Disposición Final de Residuos en México

Sitios de disposición Final en México	Residuos Depositados 1996 (Tons/año)	Porcentaje 1996	Residuos Depositados 2006 (Tons/año)	Porcentaje 2006
Rellenos Sanitarios	8,573,000	28%	19,772,100	57%
Sitios Controlados	2,606,000	8%	3,763,500	11%
Sitios no Controlados	20,027,200	64%	11,423,400	32%
Total	31,206,200	100%	34,959,000	100%

Fuente: INEGI, 2009. Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica. Residuos. <http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx?s=est&c=6116> (Consulta: Marzo de 2009)

Uso de un sistema de captura y destrucción de biogás

La Tabla A.3. muestra la disposición de residuos por tipo de sitio de disposición final para el año de 2008 junto con las prácticas comunes en el manejo del biogás.

Tabla A.3. Disposición de Residuos y Prácticas de Manejo de Biogás (2008)

Sitios de disposición Final	No.	Residuos Depositados (tons/año)	Porcentaje ¹	Recolección y Control de Biogás ²
Rellenos Sanitarios	128	21,822,600	60%	Venteo Pasivo
Sitios Controlados	26	3,545,600	10%	Venteo Pasivo
Sitios no Controlados	No Disp.	10,880,000	30%	No existente
Total	154	33,707,000	100%	

Fuentes: SEDESOL, Dirección General de Equipamiento e Infraestructura en Zonas Urbano-Marginadas (Estadísticas al 2008).

Notas:

¹ Porcentaje con respecto a la cantidad depositada

² Práctica Común. No hay datos específicos por cada sitio de disposición.

En México no existen inventarios de la operación de cada uno de los rellenos sanitarios del país que incluyan datos específicos sobre de la situación actual de los sistemas de venteo (pozos) y/o sistema de quema pasiva o espontánea existente. Los estudios disponibles por SEDESOL contienen la cantidad de residuos depositados, la generación diaria y composición en los centros urbanos del país.

Como se mencionó en la sección 3.3.2.1 la NOM 083 2003 incluye especificaciones generales para el control del biogás en los sitios de disposición final y evitar su venteo a la atmósfera por medio de quema en pozos puntuales o por quemadores centrales. No obstante la norma no establece la cantidad mínima de gas que debe ser captada y quemada, ni las tecnologías específicas a ser usadas. En la práctica, y debido a las múltiples razones expuestas en la sección 3.3.2.1 los municipios y operadores no han adoptado o excedido la NOM 083 y el biogás solo es venteadado en rellenos sanitarios o sitios controlados.

El análisis muestra que venteo pasivo es la práctica común para el manejo del biogás, sin embargo ésta no constituye una medida de reducción de emisiones de GEI, dado que el CH₄ es liberado directamente a la atmósfera. De esta forma, en el escenario de referencia no hay implementación de sistemas de captura, quema, y/o aprovechamiento del biogás de los sitios de disposición final en México. Un proyecto que implemente un sistema de recolección y destrucción de biogás pasará el Umbral de Desempeño.

A.2. Análisis del impacto de los Proyectos del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) en las Prácticas Comunes – Estándar de Desempeño post entrada en vigor del Protocolo Kyoto

Usando las informaciones del INE sobre el inventario de emisiones de GEI provenientes del sector de residuos se calculó el impacto de los proyectos de gas de relleno sanitario.²⁶ Para 2004 el nivel de penetración de proyectos de captura y destrucción del gas del relleno sanitario, anterior a la entrada en vigor del Protocolo de Kyoto, era 0.5% con respecto al total de las emisiones y del 0.7% con respecto a las emisiones solo de los rellenos sanitarios. Este porcentaje lo constituía el primer proyecto de captura y aprovechamiento de biogás desarrollado por Simeprodeso en el relleno de Monterrey, Nuevo León, iniciado en 2003. Este proyecto fue de carácter demostrativo para promover el desarrollo de proyectos MDL y contó con el financiamiento del Banco Mundial, Fondo Global para el Medio Ambiente (GEF), SEDESOL y el Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS).

Para el año de 2009 (Marzo), solo 5 años más tarde, ya existen 11 proyectos en rellenos sanitarios registrados en la Junta Ejecutiva de MDL. La penetración en cuanto a reducciones de GEI estimada por estos proyectos es de 2.5% con respecto a las emisiones totales del sector. Esto puede ser observado con los datos de las Tabla A.4 y A.5.

Tabla A.4. Resumen de Información sobre los Proyectos de MDL en Rellenos Sanitarios de México (2009)

Tipo de Proyecto	Número de rellenos sanitarios	Porcentaje (por número)	Reducción de Emisiones (tons CO ₂ e/año)	Porcentaje (por emisiones)
Quema solamente	3	27%	312,195	25%
Quema y posterior uso energético ¹	4	33%	344,810	22%
Quema y Energía	4	33%	742,910	53%
Total	11	100%	1,399,945	100%
Penetración en el Mercado estimada por los proyectos de captura y destrucción de gas en los rellenos sanitarios debida al MDL²			2.5%	

Fuentes: UNFCCC, 2009. CDM Project Search. <http://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html> (Consulta: Marzo de 2009); INE, 2005. Escenarios de Emisiones y Medidas de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero en Sectores Clave – Sector Desechos <http://www.ine.gob.mx/cclimatico/descargas/e2005a2.pdf> (Consulta: Marzo de 2009)

Notas:

¹La segunda etapa (posterior uso energético) solo se llevará a cabo cuando se asegure un acuerdo de compra de la electricidad producida, de acuerdo con los Project Design Documents (PDDs).

²⁶ INE, 2005. Escenarios de Emisiones y Medidas de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero en Sectores Clave – Sector Desechos <http://www.ine.gob.mx/cclimatico/descargas/e2005a2.pdf>

²Las emisiones de referencia para este cálculo fueron las emisiones reportadas por INE para el año base de 2004. Las emisiones del proyecto de Monterrey han sido descontadas, este proyecto fue registrado como MDL en Febrero de 2009.

Tabla A.5. Detalle de los Proyectos MDL Registrados para Captura y Uso de Biogás de Rellenos Sanitarios en México (2009)

Fecha	Proyecto	Ubicación	Tipo de Uso Final de Biogás	tCO ₂ e/año
15 Jul 2006	0425	Aguascalientes, Aguascalientes	Quema y posteriormente Energía*	162,593
02 Oct 2006	0523	Ecatepec de Morelos, Estado de Mexico	Quema y Energía	209,353
05 Oct 2007	1240	Zapopan, Jalisco	Quema y Energía	137,735
30 Nov 2007	1241	Tultitlán – Estado de Mexico	Quema y posteriormente Energía*	41,681
30 Nov 2007	1123	Ciudad Juárez, Chihuahua	Quema y Energía	170,499
31 Jan 2008	1371	Mérida, Yucatán	Quema	106,340
25 Feb 2008	1307	Durango, Baja California	Quema y posteriormente Energía*	83,340
En revisiones	1699	Puerto Vallarta, Jalisco	Quema	52,267
06 Nov 2008	1944	Milpillas, Estado de Morelos	Quema	153,588
12 Feb 2009	2186	Monterrey, Nuevo Leon	Quema y Energía	225,323
21 Mar 2009	2271	Tecamac, Estado de Mexico	Quema y posteriormente Energía*	57,196

Fuente: UNFCCC, 2009. CDM Project Search. <http://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html> (Consulta: Marzo de 2009)

*Nota: La segunda etapa (uso de biogás para energía) solo se llevará a cabo cuando se asegure un acuerdo de compra de la electricidad producida

Anexo B Factores de Emisión para Combustibles en México

Tabla B.1 Factores de emisión para combustibles empleados en fuentes de combustión estacionaria y móvil

Combustible	Factor de emisión [kg CO ₂ /GJ]
Combustión estacionaria ^a	
Petróleo crudo	73.30
Líquidos de gas natural	64.20
Gasolina	69.30
Keroseno	71.90
Diesel	74.10
Combustóleo	77.40
Gas licuado de petróleo (GLP)	63.10
Nafta	73.30
Lubricantes	73.30
Coque de petróleo	97.50
Coque de carbón	94.60
Carbón bituminoso	94.60
Carbón subbituminoso	96.10
Gas natural	56.10
Aceites usados	73.30
Combustión móvil ^b	
Automóviles a gasolina (sin convertidor catalítico anteriores a 1990)	58.07
Automóviles a gasolina (con convertidor catalítico de oxidación, 2 vías – 1991-1992)	66.82
Automóviles a gasolina (con convertidor catalítico de 3 vías de ciclo abierto o de ciclo cerrado usado – 1993 – 1997)	70.07
Automóviles a gasolina (con convertidor catalítico de 3 vías de ciclo cerrado nuevo – posteriores a 1998)	71.07
Vehículos ligeros a gasolina (sin convertidor catalítico – anteriores a 1990)	57.07
Vehículos ligeros a gasolina (con mejor tecnología, sin convertidor catalítico – 1991-1992)	60.82
Vehículos ligeros a gasolina (con convertidor catalítico de 3 vías a ciclo abierto o de ciclo cerrado usado – 1993-1997)	68.97
Vehículos ligeros a gasolina (con convertidor catalítico de 3 vías nuevo – posteriores a 1998)	70.52
Vehículos pesados a gasolina (sin convertidor catalítico – anteriores a 1992)	55.56
Vehículos pesados a gasolina (con convertidor catalítico – posteriores a 1993)	60.87
Vehículos a diesel (automóviles, ligeros y pesados – con y sin control de emisiones)	72.10
Vehículos a gas licuado de petróleo (automóviles y pesados – sin control y con catalizador de 3 vías)	61.23
Vehículos a gas natural (automóviles y pesados – con catalizador de 3 vías)	56.10
Motocicletas (sin o con control de emisiones)	72.10
Vehículos a gas natural comprimido (GNC) ^c	56.10
Vehículos a gas natural licuado (GNL) ^c	56.10
Aviones (keroseno) ^c	71.90

Fuente:

^a IPCC, 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Volumen 2, Capítulo 2, Combustión Estacionaria, Tabla 2.5, páginas 2.22-2.23.

^b INE, 2005. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 2002, Sector Transporte. INE-SEMARNAT, México. (Anexos, Tablas 4 a la 12, páginas IA3-95 – IA3-99). Disponible en línea: <http://www.ine.gob.mx/cclimatico/inventario3.html>

^c IPCC, 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Volumen 2, Capítulo 3, Combustión Móvil, Tabla 3.2.1, página 3.16.

Tabla B.2. Poderes caloríficos netos de combustibles fósiles en México

Combustible	Poder calorífico neto
Combustibles sólidos	
	GJ/tonelada métrica
Carbón térmico nacional	19.41
Carbón siderúrgico nacional	23.48
Coque de petróleo	31.42
Coque de carbón	26.52
Combustibles líquidos^a	
	GJ/litro
Petróleo crudo	0.03871
Gasolina	0.03161
Keroseno	0.03381
Diesel	0.03555
Combustóleo	0.03944
Gas licuado de petróleo (GLP)	0.02627
Nafta	0.03161
Lubricantes	0.03888
Combustibles gaseosos	
	GJ/m³
Gas natural ^b	0.03391

^a Equivalencia de volumen empleado, 1 barril = 158.9873 litros

^b Corresponde a gas seco que es el hidrocarburo gaseoso obtenido como subproducto del gas natural en plantas de gas y refinerías después de extraer los licuables, empleado como combustible en los sectores residencial, comercial, público, industrial, agropecuario y en centrales eléctricas.

Fuente:

SENER, 2006. *Balance Nacional de Energía 2007*, Dirección General de Información y Estudios Energéticos, SENER, México. Cuadro 21, página 100.

Anexo C. Substitución de Datos y Fallos en la Calibración

Este anexo proporciona una guía para calcular las reducciones de emisiones cuando la integridad de datos se ve comprometida ya sea por la falta de datos puntuales o por una falla en la calibración. Ninguna sustitución de datos es permisible para equipos, tales como termopares que monitorean el funcionamiento apropiado de los dispositivos de destrucción. Por ello, las metodologías presentadas a continuación deberán ser usadas sólo para los parámetros de concentración de metano y de medición de flujo.

Fallos en la calibración

Si cualquier dispositivo no pasa la prueba de la calibración (es decir, se comprueba que excede el margen de error permitido del 5%), se deben seguir los siguientes lineamientos. Estos ajustes deben ser realizados para el período completo desde la última calibración exitosa hasta el tiempo en el que el medidor es calibrado apropiadamente.

1. Para las calibraciones que indican sub-reportes (por debajo de los niveles normales) (índices de flujo más bajos o concentración más baja del metano):
 - a. los valores medidos se deben usar sin la corrección.
2. Para las calibraciones que indican sobre-reportes (por encima de los niveles normales) (índices de flujo más altos o concentración más alta del metano):
 - a. los valores medidos se deben ajustar basados en la desviación más alta de la calibración registrada en el tiempo de la calibración.

Datos faltantes

La Reserva esperaría que los proyectos tengan datos continuos e ininterrumpidos para el período completo de la verificación. Sin embargo, la Reserva reconoce que acontecimientos u ocurrencias inesperados pueden tener como resultado breves vacíos de datos.

La siguiente metodología de sustitución de datos se puede usar sólo para vacíos de datos del flujo y de concentración de metano, que son limitados, no crónicos, y debidos a circunstancias imprevistas. La sustitución de datos puede ser aplicado únicamente a la concentración del metano o a las lecturas de flujo, pero no a ambos simultáneamente. Si hacen falta los datos para ambos parámetros, ningunas reducciones podrán ser acreditadas.

Además, la sustitución sólo puede ocurrir cuando se corrobora que dos otros parámetros monitoreados del dispositivo de destrucción funcionan apropiadamente y la operación de sistema se encuentra dentro de los rangos normales. Se deben demostrar estos dos parámetros como sigue:

1. El funcionamiento apropiado puede ser evidenciado por las lecturas del termopar para la flama, la salida de energía para motores, etc.
2. Para la sustitución de datos de la concentración del metano, los índices de flujo durante el vacío de datos deben ser consistentes con los de las operaciones normales.
3. Para la sustitución de datos del flujo, los índices de la concentración del metano durante el vacío de datos deben ser consistentes con los de las operaciones normales.

Si los parámetros de corroboración no demuestran cualquiera de estos requisitos, no se puede emplear ninguna sustitución. Si los requisitos mencionados se cumplen, la siguiente metodología de sustitución podrá ser aplicada:

Duración de falta de datos	Metodología de Sustitución
Menos de 6 horas	Usar el promedio de cuatro horas inmediatamente antes de y después de la falla.
De 6 a 24 horas	Usar el 90% del límite de confianza inferior de las 24 horas previas y posteriores a la falla.
De uno a siete días	Usar el 95% del límite de confianza inferior de las 72 horas previas y posteriores a la falla.
Más de una semana	No se pueden sustituir datos y no se generarán créditos

El límite de confianza inferior se debe usar tanto para la concentración del metano como para las lecturas de flujo para proyectos de rellenos sanitarios, ya resulta en una mayor actitud conservadora.