



CLIMATE
ACTION
RESERVE

Protocolo de Reporte de Proyectos de Ganadería en México

Captura y Destrucción del Metano
de los Sistemas de Manejo de Estiércol

Versión 1.0

01 Julio 2009

Tabla de Contenidos

Lista de Tablas de los Anexos	3
Abreviaturas y Siglas	4
1 Introducción	5
2 Proyecto de Reducción de GEI	6
2.1 Definición del Proyecto.....	6
2.2 El Desarrollador del Proyecto.....	7
2.3 Otras Actividades de Manejo de Estiércol para la Reducción de GEI	7
3 Reglas de Elegibilidad	8
3.1 Adicionalidad	8
3.2 Lugar	10
3.3 Fecha de Inicio del Proyecto	10
4 Límites de Estimación de los GEI.....	12
4.1 Categorías de Fuentes de GEI de los Sistemas de Manejo de Estiércol.....	12
4.2 Metano y Bióxido de Carbono	13
5 Métodos de Cálculo de las Reducciones de GEI	18
5.1 Emisiones de la Línea Base de Metano según el Modelo	19
5.2 Ecuaciones de Emisiones de la Línea Base de Metano según el Modelo.....	20
5.3 Emisiones de Metano del Proyecto.....	25
5.4 Ecuaciones de las Emisiones de Metano del Proyecto.....	26
5.5 Comparación de la Destrucción de Metano Medida	30
5.6 Emisiones de Bióxido de Carbono	31
6 Monitoreo del Proyecto	33
7 Parámetros de Reporte	42
7.1 Documentación para la Presentación del Proyecto	42
7.2 Mantenimiento de Registros.....	43
7.3 Ciclo de Reporte.....	43
7.4 Período de Créditos del Proyecto	44
7.5 Reporte de Reducciones fuera de la Reserva de Acción Climática.....	44
8 Glosario de Términos	45
9 Referencias.....	49
Anexo A Efectos Ambientales Asociados	51
Anexo B Tablas de Factores de Emisión.....	52
Anexo C Resumen del análisis sobre el Estándar de Rendimiento.....	60
C.1 Datos sobre la Población Ganadera de México	60
C.2 Análisis de las Prácticas Comunes del Manejo de Estiércol en México.....	61
C.3 Uso de Digestores en México	64
C.4 Recomendación sobre el Estándar de Desempeño	64
Anexo D Substitución de Datos y Fallos en la Calibración	67

Lista de Ecuaciones

Ecuación 5.1 Reducciones de GEI a partir de la instalación de un sistema de control de biogás	19
Ecuación 5.2 Emisiones de la línea base de metano según el modelo	20
Ecuación 5.3 Emisiones de la línea base de metano de los sistemas de almacenamiento/tratamiento anaeróbicos según el modelo.....	21
Ecuación 5.4 Emisiones de la línea base de metano de los sistemas de almacenamiento/tratamiento no-anaeróbicos según el modelo	23
Ecuación 5.5 Emisiones de metano del proyecto	26
Ecuación 5.6 Emisiones de metano del proyecto del sistema de control de biogás	27
Ecuación 5.7 Emisiones de metano del proyecto del estanque efluente del sistema de control de biogás	29
Ecuación 5.8 Emisiones de metano del proyecto de fuentes relacionadas con sistemas de control que no sean de control de biogás	30
Ecuación 5.9 Destrucción de metano medida	31
Ecuación 5.10 Cálculo de las emisiones de bióxido de carbono	32

Lista de Figuras

Figura 4.1. Esquema del Límite de Estimación de los GEI resultantes del Manejo de Estiércol	12
Figura 6.1. Disposición sugerida de los equipos de medición de biogás.	36

Lista de Tablas

Tabla 6.1 Parámetros de Monitoreo del Proyecto.....	35
---	----

Lista de Tablas de los Anexos

Tabla B.1 Componentes del sistema de manejo de estiércol.....	52
Tabla B.2 Categorías de ganado y Masa Típica Promedio (MTP)	53
Tabla B.3 Sólidos Volátiles y Potencial Máximo de Metano por Categoría de Ganado.	54
Tabla B.4 Factores de Conversión de Metano (MCF) por Componente del Sistema de Manejo de Estiércol/Fuente de Metano 'S' del IPCC 2006.....	55
Tabla B.5 Factores de emisión para combustión estacionaria y móvil	58
Tabla B.6 Poderes caloríficos netos de combustibles fósiles	59
Tabla C.1. Datos sobre la población ganadera en México, 2005	61
Tabla C.2. Número de digestores en granjas porcinas y establos lecheros implementados a través de proyectos del MDL	64

Abreviaturas y Siglas

CH ₄	metano
CO ₂	bióxido de carbono
EPA	Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU
GEI	gas de efecto invernadero
GN	gas natural
GNC	gas natural condensado
GNL	gas natural licuado
IPCC	Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático
MDL	Mecanismo para un Desarrollo Limpio
N ₂ O	óxido nitroso
QA/QC	Aseguramiento de Calidad/ Control de Calidad
Reserva	Reserva de Acción Climática
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SCB	Sistema de Control de Biogás

1 Introducción

El Protocolo de Reporte de Proyectos de Ganadería de la Reserva de Acción Climática (la Reserva) –para la captura y destrucción del biogás de un sistema de manejo de estiércol– ofrece una guía para cuantificar y reportar las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas con la instalación de un sistema de control de biogás de estiércol para las operaciones de ganadería, como las granjas de ganado vacuno lechero y porcino. El protocolo está enfocado a la cuantificación de los cambios en las emisiones de metano, pero también registra los efectos sobre las emisiones de bióxido de carbono.

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 del programa 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 biogás de estiércol utilizan este documento para registrar las reducciones de GEI en la Reserva. El protocolo proporciona 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 guías que utilizan los verificadores para comprobar las reducciones se encuentran en el correspondiente Protocolo de Verificación de Proyectos de Ganadería.

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 relevantes¹.

Con respecto a los impactos ambientales asociados con la instalación de un sistema de control de biogás, como cuestiones de calidad del aire y agua, la Reserva trata estos problemas potenciales en el Anexo A. Los desarrolladores de proyectos que siguen las pautas de este protocolo y registran las reducciones de GEI en la Reserva, deben cumplir con todos los reglamentos locales, estatales y federales sobre la calidad del aire y agua.

¹ Ver el Protocolo para la Cuantificación de Proyectos de GEI del WRI/WBCSD (Parte I, Capítulo 4) para obtener una descripción de los principios de contabilidad de GEI.

2 Proyecto de Reducción de GEI

El estiércol tratado y almacenado en condiciones anaeróbicas se descompone y genera metano el cual, si no es controlado, se libera a la atmósfera. Esto ocurre principalmente cuando las operaciones de ganadería tratan los desechos con sistemas a base de líquidos (por ejemplo, en lagunas, estanques, tanques o fosas). Dentro del sector ganadero, los principales responsables de la generación de metano son la cantidad de estiércol producida y la fracción de sólidos volátiles que se descomponen en forma anaeróbica. La temperatura y el tiempo de retención del estiércol durante el tratamiento y almacenamiento también afectan a su producción. Un sistema de control de biogás captura y destruye el gas metano creado como resultado del manejo de estiércol.

2.1 Definición del Proyecto

A los fines de este protocolo, el proyecto de reducción de GEI consiste en la instalación de un sistema de control de biogás² para capturar y destruir el gas metano generado por el tratamiento y/o las instalaciones de almacenamiento de estiércol en las operaciones de ganadería, que comience a operar a partir del 15 de agosto de 2008. El biogás capturado podrá ser destruido *in situ*, transportado para su uso fuera del sitio (por ejemplo, a través de los ductos de transmisión o distribución de gas), o utilizado como fuente de energía para los vehículos. Independientemente del uso que le den los desarrolladores del proyecto al biogás capturado, el destino final del metano debe ser su destrucción. Los “digestores centralizados” que incorporan los desechos de más de una operación ganadera también entran en esta definición de proyecto de reducción de GEI.³

El sistema de control de biogás destruye el metano asociado con el manejo de los desechos ganaderos que, de no existir este sistema, se generaría a través del tratamiento y/o almacenamiento anaeróbico no controlado del estiércol y se emitiría a la atmósfera.

De conformidad con la Metodología Consolidada del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) ACM0010 (versión 2, página 2), los desarrolladores de proyectos deben demostrar que la profundidad de sus estanques/lagunas anaeróbicas existentes antes del proyecto era suficiente para evitar la producción de oxígeno algal y crear un fondo sin oxígeno que, por lo general, es de, como mínimo, 1 metro de profundidad. Finalmente, para generar emisiones de metano, los sistemas anaeróbicos deben ser diseñados y mantenidos con el suficiente volumen para tratar adecuadamente los sólidos volátiles y evitar que los sólidos se acumulen para que no afecten negativamente la zona de tratamiento. Para obtener más información sobre el diseño y mantenimiento de los sistemas de almacenamiento/tratamiento anaeróbico de estiércol se recomienda consultar las Normas USDA NRCS y el Manual para el manejo y control de aguas residuales y excretas porcinas en México.⁴

² Los sistemas de control de biogás son comúnmente llamados digestores, que pueden ser diseñados y operados de diferentes formas, desde lagunas cubiertas a temperatura ambiente, lagunas climatizadas, hasta digestores de flujo de tapón mesófilo o tanque de mezcla de concreto.

³ El protocolo no prohíbe a los desarrolladores de proyectos la co-digestión de materia orgánica en el sistema de control de biogás. Sin embargo, la materia orgánica adicional puede afectar las propiedades nutritivas del efluente del digestor, lo que debe ser tomado en cuenta por los desarrolladores de proyectos al evaluar el impacto sobre la calidad del agua asociado con su proyecto.

⁴ Ver la Norma de Prácticas de Conservación No. 313 para los Establecimientos de Depósitos de Desechos, del Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los EE.UU.; y la Norma No. 359 para las Lagunas para el Tratamiento de Desechos, del Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los EE.UU. En el caso del ganado porcino, también se recomienda consultar el “Manual para el manejo y control de aguas residuales y excretas porcinas en México” de la Confederación Mexicana de Porcicultores (ver <http://www.porcimex.org/apoyos/aguasresiduales.htm>).

Además de la reducción del metano, la instalación de un sistema de control de biogás podría afectar las emisiones de bióxido de carbono y óxido nitroso asociadas con la recolección, transporte, almacenamiento, tratamiento y eliminación del estiércol. El efecto podría aumentar o disminuir estas emisiones de GEI dependiendo de las circunstancias particulares del proyecto. Estos efectos relacionados con el sistema son colaterales al efecto primario del proyecto (reducir las emisiones de metano). La Sección 4, Límites de Estimación de los GEI, describe el alcance del marco de cuantificación de GEI.

2.2 El Desarrollador del Proyecto

Los desarrolladores de proyectos pueden ser los propietarios/operadores de ganado, como los propietarios de granjas de ganado lechero, vacuno o porcino. Pero también pueden estar involucradas otras entidades, como las empresas independientes que vinculan proyectos de varias granjas. Se debe establecer claramente quién es el dueño de las reducciones de GEI mediante un título explícito.

2.3 Otras Actividades de Manejo de Estiércol para la Reducción de GEI

La Reserva reconoce que los desarrolladores de proyectos pueden implementar una variedad de actividades para reducir los GEI en las operaciones de ganadería, como complejos sistemas interrelacionados que utilizan diferentes tipos y combinaciones de prácticas de manejo de estiércol. La instalación de tecnología para capturar y destruir el metano de los sistemas de almacenamiento y/o tratamiento de estiércol es solo uno de los muchos proyectos que se pueden realizar en una operación ganadera. Existen varias opciones para modificar las prácticas de manejo de estiércol sólido y/o líquido que no incluyen un sistema de control de biogás – es decir, un digestor- que también pueden reducir las emisiones de metano, bióxido de carbono y óxido nitroso (incluyendo la aplicación en la tierra). Además, el desarrollador del proyecto también puede optar por modificar los regímenes de dieta del ganado para reducir el metano (ya sea relacionado con la fermentación entérica o el manejo de desechos) y el óxido nitroso.

Sin embargo, por el momento, las actividades para reducir los GEI no relacionadas con la instalación de un sistema de control de biogás no se incluyen dentro de la definición de proyecto de reducción de GEI de este protocolo. Asimismo, la generación de electricidad para la red (que deriva en la reducción de las emisiones de GEI de las centrales eléctricas que operan con combustibles fósiles), constituye una actividad del proyecto de GEI complementaria y diferente a la destrucción del gas metano generado por el tratamiento/almacenamiento de estiércol, y no está incluida dentro del marco de contabilidad de este protocolo.⁵

La Reserva prevé la ampliación de este documento para incorporar reducciones de emisiones de GEI relacionadas con las operaciones de ganadería y manejo de estiércol más allá de la destrucción del metano por medio de los sistemas de control de biogás. De hecho, el límite de estimación de los GEI y el método de cálculo de las reducciones de GEI están diseñados para permitir dichas modificaciones. Y, en un sentido más amplio, se podrán desarrollar nuevos protocolos en el futuro para facilitar las oportunidades de reducción en el sector agropecuario (así como en otros sectores).

⁵ La Reserva anticipa el desarrollo de un suplemento a este protocolo para la estimación de reducciones y el registro de actividades que produzcan electricidad renovable a partir del biogás que desplaza a la electricidad a base de combustibles fósiles.

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.

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

3.1 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 de la línea 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 Requisitos Reglamentarios

La Prueba del Estándar de Desempeño

Los desarrolladores de proyectos pasarán la Prueba del Estándar de Desempeño cuando cumplan con un umbral de desempeño definido para todo el programa (es decir, un estándar de desempeño establecido de antemano aplicable a todos los proyectos de manejo de estiércol). El umbral de desempeño representa “un desempeño mejor que el habitual”. Si el proyecto cumple con 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 del estiércol del ganado. El desarrollador de proyectos pasará la Prueba del Estándar de Rendimiento instalando un sistema de control de biogás.

La Reserva ha establecido este Estándar de Desempeño en base a las evaluaciones de las prácticas de manejo de estiércol en México. El Anexo C presenta un resumen del estudio realizado para establecer el umbral.

La Reserva reevaluará periódicamente la aplicabilidad del Estándar de Desempeño. Todos los proyectos que pasan esta prueba son elegibles para registrar reducciones en la Reserva durante el período de créditos del proyecto, aun cuando la Prueba del Estándar de Desempeño

se modifique a mitad de dicho período. Como se especifica en la Sección 7, Parámetros de Reporte, el período de créditos es de diez años.

La Prueba de Requisitos Reglamentarios

La legislación ambiental asociada con las operaciones de ganadería se encuentra enmarcada por la “Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente” (LGEEPA) publicada en 1988. Esta ley establece que las descargas de aguas residuales de las actividades agropecuarias están sujetas a regulación federal y local (Artículo 120, numeral II), y que las descargas en sistemas de drenaje y alcantarillado de las poblaciones, cuerpos receptores de agua, así como las que se derraman en el suelo o se infiltran en el subsuelo deben de cumplir con las condiciones necesarias para evitar la contaminación del agua. Para ello, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), en coordinación con las autoridades estatales y municipales, tiene la responsabilidad de establecer las condiciones para las descargas residuales, emitir permisos y licencias para el uso y descarga de agua y para establecer y dar cumplimiento a las normas oficiales mexicanas correspondientes. En relación con las descargas de aguas residuales, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) ha publicado dos normas oficiales mexicanas aplicables a las operaciones de ganadería:

- La “NOM- 001-ECOL-1996”, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, y
- La “NOM-002-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas a los sistemas de alcantarillado urbano y municipal.

La NOM-001 regula el cuerpo receptor y no la actividad que realiza la descarga, estableciendo los límites máximos permisibles en función de dos elementos: el cuerpo receptor (ríos, embalses naturales y artificiales, aguas costeras, suelo y humedales naturales) y el uso posterior que se haga del agua (riego agrícola o abasto público urbano). Por ello, el monitoreo de la calidad del agua residual se realiza antes de la descarga a los cuerpos receptores. Además, la aplicación de la NOM-001 es gradual de acuerdo a la carga contaminante medida en base a la descarga bioquímica de oxígeno (DBO) o los sólidos suspendidos totales (SST). Los grandes contaminadores (más de 3 toneladas al día de DBO o SST) tienen fecha de cumplimiento el 1º de enero de 2000; los medianos (de 1.2 a 3 toneladas diarias), el 1º de enero de 2005; y todos deberán cumplir con esta norma a partir del 1º de enero de 2010.

La “Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos”, publicada en 2003, identifica a los residuos de actividades ganaderas como residuos de manejo especial (Artículo 19, numeral III). Sin embargo, corresponde a los estados y municipios definir aquéllos residuos que están sujetos a planes de manejo (Artículo 20).

A nivel estatal, las leyes ambientales regulan principalmente las descargas de aguas residuales de usos agropecuarios, y en la mayoría de los casos, la autorización de permisos y la verificación de su cumplimiento es transferido a los gobiernos municipales. Es importante mencionar que la Ley de Ganadería del estado de Michoacán, publicado en 2007, establece en su Artículo 106 que la Secretaría de Desarrollo Rural del estado, en coordinación con organizaciones ganaderas locales, establecerán concertadamente programas obligatorios de manejo de excretas en localidades relevantes por su concentración de animales y supervisará su cumplimiento.

A nivel municipal, varios reglamentos ambientales requieren el tratamiento del estiércol de ganado, y los sistemas de tratamiento, uso y disposición deben ser autorizados por las

instituciones municipales. Este es el caso de los municipios de Mexicali, Rosarito y Tecate en Baja California; de Irapuato en Guanajuato; de Acapulco en Guerrero; y de Ahome, Angostura, Cozalá y Culiacán en Sinaloa. En la mayoría de los casos, la instalación de un digestor anaeróbico es una de las varias opciones de los sistemas autorizados para el tratamiento y aprovechamiento de excretas. Sin embargo, los elevados costos de capital parecen prohibir el uso de digestores como un mecanismo práctico para cumplir con estos reglamentos.

En el análisis realizado por la Reserva sobre las prácticas de manejo de estiércol en México no se encontró ninguna regulación federal, estatal o municipal que exija a los propietarios de ganado invertir en un sistema de control de biogás de estiércol. Si bien la Reserva no encontró ninguna ley que obligue a los operadores de ganado a instalar un sistema de control de biogás, los desarrolladores de proyectos pasarán la prueba de requisitos reglamentarios demostrando que no hay ninguna regulación federal ni estatal, ni ningún ordenamiento o regla municipal que exija la instalación de un sistema de control de biogás.

Los desarrolladores de proyectos deben presentar una ratificación firmada del documento de titularidad que incluya una declaración de que la instalación del proyecto no ha sido exigida por ninguna ley, norma, regulación, orden judicial, ni ninguna otra disposición sobre protección ambiental. Todos los proyectos que pasen esta prueba serán elegibles para registrar reducciones en la Reserva durante la vigencia del período de créditos (diez años). Sin embargo, si alguna institución gubernamental que tenga autoridad sobre una operación de ganadería sanciona una ley o reglamento que exija la instalación de un sistema de control de biogás, las reducciones de emisiones podrán ser reportadas en la Reserva por el periodo de la fecha de inicio del proyecto hasta la entrada en vigor del nuevo reglamento.

Asimismo, los desarrolladores de proyectos pasarán la Prueba de Requisitos Reglamentarios demostrando que el proyecto cumple con los reglamentos municipales sobre la calidad del aire y el agua. Los proyectos que no cumplen con las leyes sobre la calidad del aire o del agua no serán elegibles para registrar reducciones de GEI en la Reserva.

3.2 Lugar

Todos los proyectos con operaciones de ganadería localizados en México son elegibles para registrar reducciones en la Reserva. El alcance del análisis de las prácticas de manejo de estiércol que sirvió de base para el Estándar de Desempeño abarca las operaciones de ganadería en México. Por lo tanto, la Reserva registrará las reducciones de GEI de todos los proyectos con base en México que sigan los lineamientos indicados en este protocolo.

3.3 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 empresa Pacific Gas and Electric y la Reserva firmaron un Memorando de Entendimiento 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 el sistema de control de biogás 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.⁶ 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.

Todos los proyectos de reducción de GEI que instalan un sistema de control de biogás serán elegibles para registrar reducciones en la Reserva si el sistema comenzó a operar a partir del 15 de agosto de 2008. Los proyectos que comenzaron a operar antes de esta fecha 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 resultante del tratamiento y/o almacenamiento de los desechos ganaderos del desarrollador del proyecto.

⁶ 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.

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 por los desarrolladores de proyectos en el cálculo del cambio neto de las emisiones asociado con la instalación de un sistema de control de biogás. El límite de estimación de este protocolo incluye a todas las fuentes de emisión desde la generación de desechos hasta la eliminación, incluyendo la eliminación del estiércol fuera del sitio. Sin embargo, el procedimiento de cálculo solo incluye al metano y al bióxido de carbono, por lo que las fuentes de óxido nitroso no se incluyen en el procedimiento de cálculo a pesar de estar técnicamente dentro del límite de estimación.

4.1 Categorías de Fuentes de GEI de los Sistemas de Manejo de Estiércol

El sistema de manejo de estiércol de un establecimiento ganadero está determinado por las condiciones específicas del sitio. El diseño y el croquis físico de una operación en particular influirán en la composición de sus fuentes de GEI y los tipos de gases. Sin embargo, independientemente de las características particulares de cada operación, la modificación de su sistema de manejo de estiércol (por ejemplo, instalación de un sistema de control de biogás) puede aumentar o disminuir las emisiones de GEI de fuentes agrupadas bajo tres amplias categorías:

- Producción de desechos
- Tratamiento y almacenamiento de desechos
- Eliminación de desechos

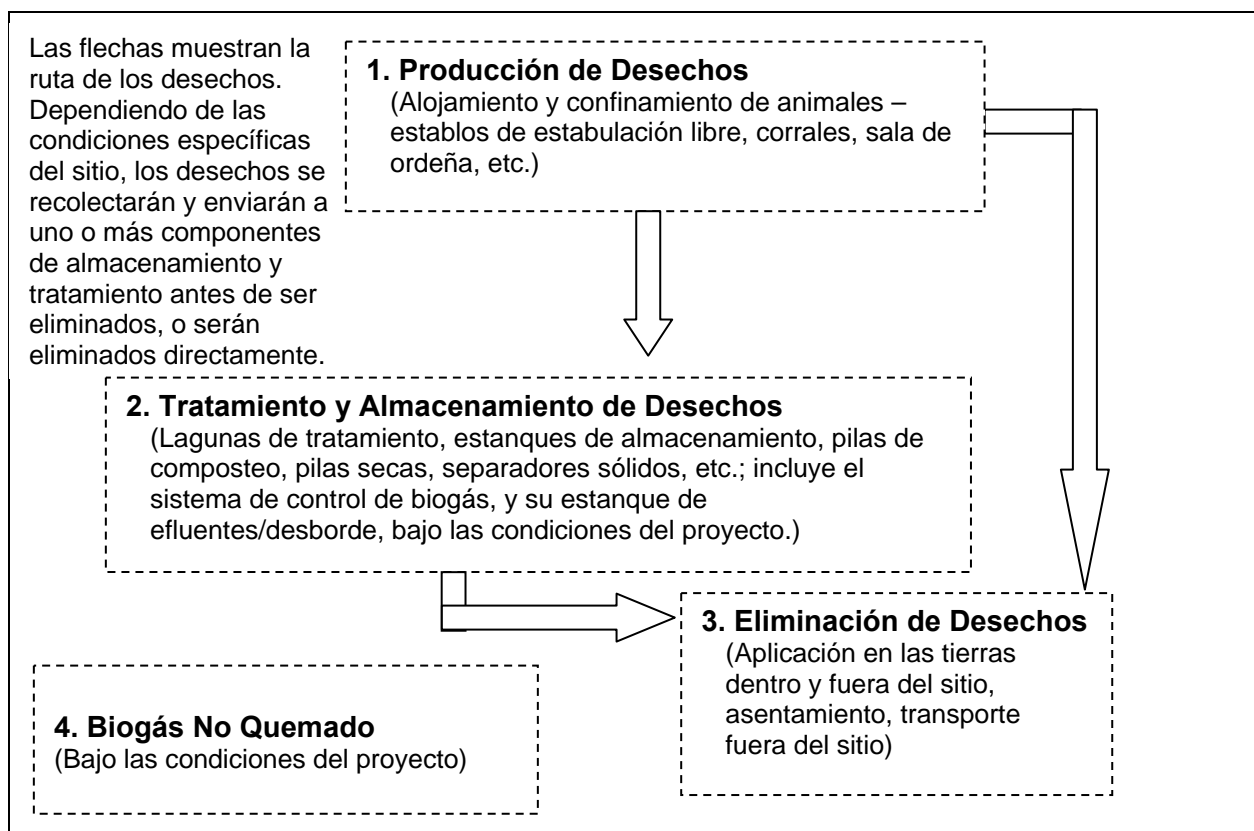


Figura 4.1. Esquema del Límite de Estimación de los GEI resultantes del Manejo de Estiércol

La Figura 4.1 muestra una ilustración general del límite de estimación; comprende todo el sistema de manejo de estiércol (e incluye las emisiones de GEI del sistema de control de biogás).

En general, la instalación de un sistema de control de biogás no alterará las emisiones del área de producción de desechos, pero en algunos casos, las emisiones de bióxido de carbono de los equipos auxiliares pueden variar. El proyecto generará, principalmente, un cambio en las emisiones de metano de las áreas de tratamiento y almacenamiento de desechos. Las fuentes de emisión de las áreas de recolección, transporte y eliminación de desechos también pueden resultar afectadas por el proyecto.

4.2 Metano y Bióxido de Carbono

En esta instancia, se cuantifican solo dos gases dentro del límite de estimación de los GEI para determinar el impacto del proyecto:

- Metano
- Bióxido de Carbono

Metano

En la mayoría de los casos, el principal impacto de la instalación de un sistema de control de biogás corresponde a la reducción de las emisiones de metano asociadas con la descomposición anaeróbica del estiércol en la categoría de tratamiento y almacenamiento de desechos.⁷ El procedimiento de cálculo para determinar la reducción de GEI se enfoca en el metano debido a que seguramente constituirá la mayor parte de las reducciones del proyecto.

Bióxido de Carbono

Además del metano, este protocolo contabiliza los cambios en las emisiones directas de bióxido de carbono de las fuentes de combustión móvil y estacionaria que se encuentran dentro del límite de estimación, las cuales pueden aumentar o disminuir dependiendo del proyecto y de las particularidades de la granja.⁸ Por ejemplo, el gas metano capturado en un sistema de control de biogás podría ser utilizado en lugar del combustible fósil para suministrar energía a los dispositivos de combustión estacionaria del lugar, como generadores o sistemas de bombeo, o el proyecto podría modificar la necesidad de transportar los desechos de estiércol para ser eliminados fuera del sitio.

Las emisiones de bióxido de carbono de los sistemas de control de biogás son consideradas emisiones biogénicas (en contraposición a las antropogénicas) y no se incluirán en el cálculo de reducción de GEI –conforme a los lineamientos sobre gas capturado de rellenos sanitarios del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC).⁹

⁷ Generalmente, los impactos colaterales de un proyecto corresponden a los efectos complementarios de los GEI sobre la principal actividad de reducción. Podrían tener un efecto menor o mayor sobre las reducciones del proyecto (ya sea en dirección positiva o negativa), y en algunos casos no son intencionales. Ver también el “Protocolo de Cuantificación para Proyectos de GEI” del WBCSD/WRI, donde se trata el tema de los efectos directos y colaterales de los GEI.

⁸ No se calculan las emisiones de metano y óxido nítrico de las fuentes de combustión móvil y estacionaria.

⁹ Guía de Buenas Prácticas y Manejo de Incertidumbres en los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero del IPCC; p.5.10, pie de página 4. 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 estiércol. Las emisiones del sistema de control de biogás 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.

Las fuentes de bióxido de carbono dentro del sistema de manejo de estiércol podrían no modificarse como resultado del proyecto, o podrían ser insignificantes. Por lo tanto, los desarrolladores de proyectos pueden realizar una evaluación para determinar si las emisiones de bióxido de carbono son consideradas “*de minimis*”. Los desarrolladores de proyectos solo deben calcular y documentar el consumo de combustible para las emisiones anuales de bióxido de carbono cuando las emisiones de bióxido de carbono del proyecto varían en más del 5% con respecto a las emisiones totales de la línea base. Si las emisiones de bióxido de carbono del proyecto se encuentran dentro del 5% de las emisiones totales de la línea base, entonces el desarrollador del proyecto puede utilizar la técnica del valor más probable para calcular las emisiones de bióxido de carbono. Tanto si los registros de combustible son documentados como estimados, las emisiones de bióxido de carbono deben ser verificadas y reportadas a la Reserva una vez al año.¹⁰

Por el momento, el protocolo no registra las reducciones de bióxido de carbono asociadas con el desplazamiento de la electricidad de la red. Esta se considera como una actividad de reducción de emisiones indirecta debido a que el cambio en los GEI es producido por fuentes pertenecientes a, o controladas por el generador de energía, a pesar de que el desarrollador del proyecto produzca la electricidad renovable que desplaza a la electricidad a base de combustibles fósiles. La captura y utilización del metano para producir electricidad para la red podría definirse como un proyecto de reducción de GEI complementario e independiente.

En un proceso de desarrollo por separado, la Reserva podría establecer un suplemento a este protocolo de proyectos para los proyectos de energía renovable suministrada a la red, aplicable a las reducciones de emisiones indirectas resultantes de la utilización del biogás de los sistemas de control.

¹⁰ Esto concuerda con las guías del Protocolo de Reporte General (GRP) de la Reserva y el Protocolo para Proyectos de GEI del WRI/WBCSD sobre el tratamiento de efectos secundarios significativos

Cuadro 4.1. Tratamiento de las emisiones de óxido nitroso conforme a la Reserva

El límite de estimación de GEI de este protocolo comprende conceptualmente las fuentes de emisión de óxido nitroso en las categorías de producción de desechos, tratamiento y almacenamiento de desechos y eliminación de desechos. No obstante, los desarrolladores de proyectos no calculan los impactos del óxido nitroso. Este se determina en pos del “conservacionismo”, ya que los altos niveles de incertidumbre asociados con los métodos para estimar la producción de óxido nitroso podrían dar lugar a una sobreestimación de las reducciones de los proyectos.

Los procedimientos para calcular las emisiones de óxido nitroso asociadas con un sistema de manejo de estiércol de una operación ganadera y resultantes de la aplicación del estiércol a la tierra (tanto directa como indirecta) se basan en factores de emisión con un rango de incertidumbre de, al menos, uno de dos factores –ya sea 100% por encima o 50% por debajo del valor por defecto.¹¹ Esta incertidumbre se debe al complejo camino de las emisiones desde el nitrógeno orgánico de los desechos ganaderos hasta el óxido nitroso -el ciclo de nitrificación-desnitrificación.¹²

A medida que avance el estado de la ciencia y los métodos para calcular las emisiones de óxido nitroso en las granjas, la Reserva los irá incorporando a este protocolo. De hecho, como el límite de estimación incluye las fuentes desde la producción hasta la eliminación de los desechos, está configurado para integrar los cálculos de óxido nitroso. La Reserva trabajará junto con los desarrolladores de proyectos y la comunidad científica para desarrollar un “factor de conservacionismo” que pueda reducir, de manera suficiente, la posible sobreestimación de las reducciones de los proyectos resultante de la incertidumbre en la cuantificación del óxido nitroso.

Este método concuerda con el tratamiento del óxido nitroso de la Iniciativa Regional sobre Gases de Efecto Invernadero (RGGI por sus siglas en inglés) de los EE.UU. Conforme a la Regla Modelo de la RGGI (5 de enero de 2007), los desarrolladores de proyectos no reciben créditos por las reducciones de óxido nitroso. Por otro lado, la “Metodología Consolidada de la Línea Base para las reducciones de emisiones de GEI de los sistemas de manejo de estiércol” (ACM0010 V.2) del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) y el Protocolo de Manejo de Estiércol (octubre 2006) de los Líderes Climáticos de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés), permiten a los desarrolladores de proyectos calcular las reducciones de las emisiones de óxido nitroso desde las fuentes hasta, pero sin incluir, la aplicación en la tierra.

La Tabla 4.1 relaciona las categorías de fuentes de GEI con las fuentes y gases, e indica su inclusión o no en la metodología de cálculo. Para fines ilustrativos, se indican las fuentes de GEI para cada categoría de fuente, también se mencionan los GEI adicionales a los GEI principales.

¹¹ Ver las Guías del IPCC de 2006, volumen 4, capítulo 10, tabla 10.21 y volumen 4, capítulo 11, tabla 11.3.

¹² También hay incertidumbres con respecto a las estimaciones de las emisiones de la línea base de metano. La Reserva toma medidas para reducir estas incertidumbres mediante un cálculo basado en el rendimiento biológico mensual de los sistemas de manejo anaeróbico de estiércol existentes antes del proyecto, según lo previsto por la ecuación de van't Hoff-Arrhenius que utiliza los datos específicos del sitio sobre temperatura, carga de Sólidos Volátiles (VS), y tiempo de retención de VS del sistema. Asimismo, todas las incertidumbres de las estimaciones existentes (que la Reserva conoce) involucran la cuantificación del óxido nitroso a nivel nacional, y no a nivel de proyecto. La Reserva ha estado trabajando para evaluar la incertidumbre a nivel de proyecto. Este trabajo está en proceso, pero los primeros resultados sugieren que los niveles de incertidumbre asociados con la cuantificación del óxido nitroso son más importantes que con la del metano.

Tabla 4.1 Categorías de fuentes de manejo de estiércol, fuentes de GEI, gases asociados, e inclusión en el límite de estimación del GEI resultante del manejo de estiércol

Categoría de Fuente de GEI	Fuente de GEI	GEI Asociados*	Incluido en el límite de estimación de GEI
Producción de desechos (alojamiento y confinamiento de animales)	• Fermentación entérica	Metano	➤ <i>No incluido</i> (no varía con el proyecto) ¹³
	• Depósitos de desechos: establo, sala de ordeña o pastura/corral	Óxido nitroso	➤ <i>No incluido</i>
	• Equipos auxiliares	Bióxido de carbono	➤ <i>Incluido</i>
Recolección y transporte de desechos	• Emisiones de los sistemas mecánicos utilizados para recolectar y transportar los desechos (por ejemplo, motores y bombas de los sistemas de agua a presión; aspiradoras y tractores para sistemas de raspado)	Bióxido de carbono	➤ <i>Incluido</i>
	• Emisiones de los vehículos (por ejemplo, en el transporte de desechos para digestores centralizados)	Bióxido de carbono	➤ <i>Incluido</i>
Tratamiento y almacenamiento de desechos	• Depósitos en corrales de engorda	Metano Óxido nitroso	➤ <i>Incluido</i> ➤ <i>No incluido</i>
	• Pilas de composteo	Metano Óxido nitroso	➤ <i>Incluido</i> ➤ <i>No incluido</i>
	• Pilas de almacenamiento de sólidos	Metano Óxido nitroso	➤ <i>Incluido</i> ➤ <i>No incluido</i>
	• Pileta de sedimentación del estiércol	Metano Óxido nitroso	➤ <i>Incluido</i> ➤ <i>No incluido</i>
	• Lagunas anaeróbicas	Metano Óxido nitroso	➤ <i>Incluido</i> ➤ <i>No incluido</i>
	• Tratamiento aeróbico	Bióxido de carbono (de los equipos de aireación)	➤ <i>Incluido</i>
	• Estanques de almacenamiento	Metano Óxido nitroso	➤ <i>Incluido</i> ➤ <i>No incluido</i>
	• Equipos auxiliares	Bióxido de carbono	➤ <i>Incluido</i>

¹³ Un operador de ganado podría modificar su estrategia de alimentación para maximizar la producción de biogás de un digestor y así afectar las emisiones resultantes de la fermentación entérica de los rumiantes. Pero este es un escenario improbable. Los desarrolladores de proyectos deberán reportar si sus regímenes alimentarios cambian para optimizar la producción de biogás. Si esto ocurre, la Reserva trabajará junto con ellos para incorporar estas emisiones al procedimiento de cálculo.

Categoría de Fuente de GEI	Fuente de GEI	GEI Asociados*	Incluido en el límite de estimación de GEI
Eliminación de desechos	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación en la tierra • Emisiones de los vehículos • (para la aplicación en la tierra o transporte fuera del sitio) 	Óxido nitroso Bióxido de carbono	➤ <i>No incluido</i> ➤ <i>Incluido</i>
Sistema de control de biogás	<ul style="list-style-type: none"> • Gas no quemado o fugado • Combustión de biogás • Electricidad de la red 	Metano Bióxido de carbono Bióxido de carbono	➤ <i>Incluido</i> ➤ <i>No incluido</i> ➤ <i>No incluido</i>

* Las emisiones de óxido nitroso pueden ser directas, indirectas o ambas.

5 Métodos de Cálculo de las Reducciones de GEI

El método de cálculo de las reducciones de GEI de la Reserva se desarrolló a partir de la Metodología del Mecanismo para un Desarrollo Limpio (ACM0010 V.2) del Protocolo de Kioto, el Programa de Líderes Climáticos de la EPA (*Draft Manure Management Offset Protocol*, Octubre 2006) y la Regla Modelo del RGGI (5 de enero de 2007).

Las reducciones totales de GEI se reportan en forma anual, de manera que los proyectos tendrán emisiones de la línea base y del proyecto (reales) anuales. Pero los desarrolladores de proyectos deberán tener en cuenta que algunas ecuaciones para calcular las emisiones de la línea base y del proyecto se realizan mes a mes, y el monitoreo de los datos de las actividades se realiza con diferentes niveles de frecuencia. Cuando corresponde, las emisiones mensuales de la línea base se suman, al igual que las emisiones mensuales del proyecto, para realizar una comparación anual.

Para ayudar a los desarrolladores de proyectos y facilitar la presentación de reportes de emisiones consistentes y completos, la Reserva ha desarrollado una herramienta de cálculo en Excel que se encuentra disponible en: <http://www.climateactionreserve.org/how-it-works/protocols/adopted-protocols/livestock/current-livestock-project-protocol/>.¹⁴ La Reserva recomienda el uso de la Herramienta de Cálculo para Ganadería para realizar todos los cálculos del proyecto y los reportes de reducción de emisiones.¹⁵

Existen cada vez más cantidad de modelos que calculan los procesos biológicos y físicos, como los ciclos del nitrógeno y del carbono en los suelos y las corrientes de desechos biológicos. Estos modelos de procesos generalmente se basan en una serie de datos que, según las investigaciones, han demostrado ser factores determinantes del proceso geoquímico. En términos de modelos de emisiones de GEI, los modelos de procesos identifican las relaciones matemáticas entre los datos, las condiciones básicas y las emisiones de GEI. Actualmente, los modelos biogeoquímicos para evaluar los ciclos del carbono y nitrógeno de los sistemas de manejo de desechos se encuentran en desarrollo. A medida que estos nuevos modelos sean aceptados internacionalmente y estén disponibles, la Reserva considerará la actualización del protocolo para incorporar esos nuevos métodos a las metodologías de cuantificación.

La metodología actual para cuantificar el impacto de los GEI asociado con la instalación de un sistema de control de biogás requiere el uso de ambas reducciones calculadas según los modelos (siguiendo la Ecuación 5.2 a la Ecuación 5.4 y la Ecuación 5.6 a la Ecuación 5.8), así como la utilización de datos reales medidos del sistema de control de biogás cuando se encuentre operando (*ex-post*), para ser utilizados como verificación de las reducciones calculadas según los modelos.

La Reserva reconoce que puede haber diferencias materiales entre las reducciones de las emisiones de metano calculadas según el modelo y la cantidad real de metano capturado y destruido por el sistema de control de biogás según las mediciones, debido a los períodos de puesta en funcionamiento de los digestores, problemas de venteo, y otras cuestiones operativas del sistema de control de biogás. Estas cuestiones operativas pueden resultar en

¹⁴ La herramienta de cálculo para Ganadería adaptada a México estará disponible en los próximos meses.

¹⁵ El programa de cómputo "PigMex" de la Confederación Mexicana de Porcicultores es una herramienta de apoyo útil para el ganado porcino, el cual en su actualización incluirá estimaciones para la producción de biogás. Sin embargo, las reducciones reales de GEI deberán ser calculadas de acuerdo a los lineamientos de este Protocolo.

una destrucción de metano substancialmente menor a la del modelo, lo cual puede llevar a una sobreestimación de las reducciones de GEI calculadas según el modelo.

Para solucionar este problema y mantener la consistencia con las mejores prácticas internacionales, la Reserva exige que los resultados de la reducción de las emisiones de metano calculadas según el modelo sean comparados con la cantidad de metano real, medido *ex-post*, que es capturado y destruido por el sistema de control de biogás. El menor de los dos valores representará las reducciones de la emisión de metano para el período de reporte. La Ecuación 5.1 que se presenta a continuación describe el método de cuantificación para calcular las reducciones de emisiones a partir de la instalación de un sistema de control de biogás.¹⁶

Ecuación 5.1 Reducciones de GEI a partir de la instalación de un sistema de control de biogás

$$\text{Reducciones de GEI totales} = (\text{Emisiones de la línea base de CH}_4 \text{ según el modelo} - \text{Emisiones de CH}_4 \text{ del proyecto}) + (\text{Emisiones de la línea base de CO}_2 - \text{Emisiones de CO}_2 \text{ del proyecto})$$

El término *(Emisiones de la línea base de CH₄ según el modelo – Emisiones de CH₄ del proyecto)* debe calcularse de acuerdo con la Ecuación 5.2 a Ecuación 5.4 y Ecuación 5.6 a Ecuación 5.8. Posteriormente, la cantidad total resultante de reducciones de metano debe compararse con la cantidad real de metano medida, y destruida en el sistema de recolección de biogás, como se indica en la Ecuación 5.9. En caso de que la cantidad total de metano medida y destruida sea inferior a las reducciones de metano calculadas según el modelo, la cantidad medida de metano destruido reemplazará a las reducciones de metano calculadas según el modelo.

Por lo tanto, la ecuación anterior sería:

$$\text{Reducciones de GEI totales} = (\text{Cantidad total de metano medido y destruido}) + (\text{Emisiones de la línea base de CO}_2 - \text{Emisiones de CO}_2 \text{ del proyecto})$$

5.1 Emisiones de la Línea Base de Metano según el Modelo

Las emisiones de la línea base son las emisiones de GEI dentro del límite de estimación de los GEI que habrían ocurrido de no haberse instalado el sistema de control de biogás.¹⁷ Para los fines de este protocolo, los desarrolladores de proyectos calculan sus emisiones de la línea base de acuerdo con el sistema de manejo de estiércol existente antes de la instalación del sistema de control de biogás. Esto se conoce como un escenario de línea base en el que se “continúan con las prácticas habituales”. Además, los desarrolladores de proyectos calculan las emisiones de la línea base para cada año del proyecto.¹⁸ El procedimiento asume que en el escenario de línea base no hay un sistema de control de biogás. Con respecto a las nuevas operaciones ganaderas que instalan un sistema de control de biogás, los desarrolladores de proyectos establecen un escenario de línea base según un modelo, utilizando el tipo de sistema prevaleciente que se utiliza para el área geográfica, tipo de animal y tamaño del establecimiento correspondiente a su operación.

¹⁶ El procedimiento de cálculo solo considera las fuentes de emisiones directas y no incorpora los cambios en el consumo de electricidad, que afectan a las emisiones indirectas asociadas con las centrales eléctricas pertenecientes a, u operadas por otras entidades que no sean el operador ganadero en cuestión.

¹⁷ La Reserva está trabajando en el desarrollo de una guía para el registro de actividades de co-digestión. Esta guía será publicada en 2009.

¹⁸ A diferencia de una “línea base estática” donde el desarrollador del proyecto estima las emisiones de la línea base una sola vez antes de la implementación del proyecto y utiliza ese valor a lo largo de la vida útil del proyecto.

Emisiones de la línea base de metano según el modelo

El procedimiento para determinar las emisiones de la línea base de metano según el modelo utiliza la Ecuación 5.2, que se combina con la Ecuación 5.3 y la Ecuación 5.4.

La Ecuación 5.3 calcula las emisiones de metano de los sistemas anaeróbicos de almacenamiento/tratamiento de estiércol en base a la información específica del sitio sobre la masa de sólidos volátiles degradados por el sistema anaeróbico de almacenamiento/tratamiento y disponibles para la conversión a metano.¹⁹ Incorpora los efectos de la temperatura a través del factor van't Hoff-Arrhenius (factor '*f*') y registra la retención de sólidos volátiles por medio de estimaciones mensuales. La Ecuación 5.4 es menos intensiva y se aplica a los sistemas no anaeróbicos de almacenamiento/tratamiento. Tanto la Ecuación 5.3 como la Ecuación 5.4 reflejan los principios biológicos básicos de la producción de metano de los sólidos volátiles existentes, determinan la generación de metano para cada categoría de ganado, y calcula en qué medida el sistema de manejo de desechos gestiona cada categoría de estiércol.

5.2 Ecuaciones de Emisiones de la Línea Base de Metano según el Modelo

Ecuación 5.2 Emisiones de la línea base de metano según el modelo

$$BE_{CH_4} = \left(\sum_{S,L} BE_{CH_4,AS,L} + BE_{CH_4,non-AS,L} \right)$$

Donde,

BE_{CH_4}	=	total anual de emisiones de la línea base de metano, expresado en bióxido de carbono equivalente (tCO ₂ e/año)
$BE_{CH_4,AS,L}$	=	total anual de emisiones de la línea base de metano de los sistemas de almacenamiento/tratamiento anaeróbicos "AS" por categoría de ganado "L", expresado en bióxido de carbono equivalente (tCO ₂ e/año)
$BE_{CH_4,non-AS,L}$	=	total anual de emisiones de la línea base de metano de los sistemas de almacenamiento/tratamiento no-anaeróbicos "non-AS", expresado en bióxido de carbono equivalente (tCO ₂ e/año)

¹⁹ Los sistemas anaeróbicos de almacenamiento/tratamiento "AS" se refieren generalmente a lagunas anaeróbicas, o estanques de almacenamiento, etc.

Ecuación 5.3 Emisiones de la línea base de metano de los sistemas de almacenamiento/tratamiento anaeróbicos según el modelo

$$BE_{CH_4,AS} = \sum_{L,AS} VS_{deg,AS,L} \times B_{0,L} \times 0.717 \times 0.001 \times 21$$

Donde,

- $BE_{CH_4,AS}$ = total anual de emisiones de la línea base de metano de los sistemas anaeróbicos de almacenamiento/tratamiento de estiércol "AS", expresado en bióxido de carbono equivalente (tCO₂e/año)
- $VS_{deg,AS,L}$ = sólidos volátiles (VS) anuales degradados en el sistema anaeróbico de almacenamiento/tratamiento de estiércol "AS" para la categoría de ganado "L" (kg de materia seca)
- $B_{0,L}$ = máxima capacidad de producción de metano del estiércol de la categoría de ganado "L" (m³ CH₄/kg de VS) – Anexo B, Tabla B.3
- 0.717 = factor de conversión de la densidad del metano, de m³ a kg (a 0°C y 1 atm de presión)²⁰
- 0.001 = factor de conversión de kg a toneladas métricas
- 21 = factor del potencial de calentamiento global de metano a bióxido de carbono equivalente

$$VS_{deg,AS,L} = \sum_{AS,L} VS_{avail,AS,L} \times f$$

Donde,

- $VS_{deg,AS,L}$ = sólidos volátiles (VS) anuales degradados en el sistema anaeróbico de almacenamiento/tratamiento de estiércol "AS" para la categoría de ganado "L" (kg de materia seca)
- $VS_{avail,AS,L}$ = sólidos volátiles (VS) mensuales disponibles para degradación en el sistema anaeróbico de almacenamiento/tratamiento de estiércol "AS" para la categoría de ganado "L" (kg de materia seca)
- f = factor van't Hoff-Arrhenius = "proporción de sólidos volátiles biológicamente disponibles para ser convertidos a metano en base a la temperatura mensual del sistema"²¹

²⁰ Empleando la condiciones estándares de la Unión Internacional de Tecnología Pura y Aplicada (IUAPC). La densidad del metano a condiciones estándares del Instituto Nacional de Tecnología Estándar (NIST), 20°C y 1 atm, es 0.668 kg CH₄/m³.

²¹ Mangino, et al.

Ecuación 5.4 Continuación

$$VS_{avail,AS,L} = (VS_L \times P_L \times MS_{AS,L} \times dpm \times 0.8) + (VS_{avail-1,AS} - VS_{deg-1,AS})$$

Donde,

$VS_{avail,AS,L}$	=	sólidos volátiles (VS) mensuales disponibles para degradación en el sistema anaeróbico de almacenamiento/tratamiento de estiércol "AS" para la categoría de ganado "L" (kg de materia seca)
VS_L	=	sólidos volátiles (VS) producidos por la categoría de ganado "L" con materia seca (kg/animal/día) – <i>Importante</i> - ver el Cuadro 5.1 para obtener una guía sobre el uso de los valores VS_L del Anexo B.
P_L	=	población anual promedio de la categoría de Ganado "L" (en base a los datos mensuales de población)
$MS_{AS,L}$	=	porcentaje de estiércol enviado a (tratado en) sistemas anaeróbicos de almacenamiento/tratamiento de estiércol "AS" para la categoría de ganado "L" (%) ²²
dpm	=	días por mes
0.8	=	factor de calibración del sistema ²³
$VS_{avail-1,AS}$	=	sólidos volátiles (VS) del mes anterior disponibles para degradación en el sistema anaeróbico "AS" (kg)
$VS_{deg-1,AS}$	=	sólidos volátiles (VS) del mes anterior degradados por el sistema anaeróbico "AS" (kg) ²⁴

$$f = \exp \left[\frac{E(T_2 - T_1)}{RT_1T_2} \right]$$

Donde,

f	=	el factor van't Hoff-Arrhenius
E	=	constante de energía de activación (15,175 cal/mol)
T_1	=	303.16K
T_2	=	temperatura ambiente mensual promedio (K = °C + 273). Si $T_2 < 5$ °C entonces $f = 0.104$
R	=	constante de gas ideal (1.987 cal/Kmol)

²² El valor MS representa el porcentaje de estiércol que sería enviado a (tratado por) los sistemas anaeróbicos de almacenamiento/tratamiento de estiércol en el caso de la línea base –como si el sistema de control de biogás no hubiera sido instalado.

²³ Mangino, et al. Este factor "considera las prácticas de manejo y diseño que dan como resultado la pérdida de sólidos volátiles del sistema de manejo".

²⁴ La diferencia entre $VS_{avail-1}$ y VS_{deg-1} representa los sólidos volátiles retenidos en el sistema y no extraídos a fin de mes; así, los sólidos volátiles se acumulan con el tiempo. Sin embargo, los desarrolladores de proyectos no deberían trasladar los sólidos volátiles de un mes a otro después de que se haya limpiado el sistema, como en el caso de los estanques o tanques temporales donde el tiempo de retención de sólidos volátiles podría ser de 30 días. Para estos sistemas, los desarrolladores de proyectos no suman ($VS_{avail-1} - VS_{deg-1}$).

Ecuación 5.5 Emisiones de la línea base de metano de los sistemas de almacenamiento/ tratamiento no-anaeróbicos según el modelo

$$BE_{CH_4,nAS} = \left(\sum_{L,S} P_L \times MS_{L,nAS} \times VS_L \times 365 \times MCF_{nAS} \times B_{0,L} \right) \times 0.717 \times 0.001 \times 21$$

Donde,

$BE_{CH_4,nAS}$	=	total anual de emisiones de la línea base de metano de los sistemas no-anaeróbicos de almacenamiento/tratamiento, expresado en bióxido de carbono equivalente (tCO ₂ e/año)
P_L	=	población anual promedio de la categoría de Ganado "L" (en base a los datos mensuales de población)
$MS_{L,nAS}$	=	porcentaje de estiércol de la categoría de ganado "L" tratado en sistemas no-anaeróbicos de almacenamiento/tratamiento (%)
VS_L	=	sólidos volátiles (VS) producidos por la categoría de ganado "L" con materia seca (kg/animal/día) – <i>Importante</i> - ver el Cuadro 5.1 para obtener una guía sobre el uso de los valores VS_L del Anexo B.
365	=	días del año
MCF_{nAS}	=	factor de conversión del metano para el sistema de almacenamiento/tratamiento no-anaeróbico (%) – Ver el Anexo B, Tabla B.4
$B_{0,L}$	=	máxima capacidad de producción de metano del estiércol de la categoría de ganado "L" (m ³ CH ₄ /kg de VS materia seca) – Anexo B, Tabla B.3
0.717	=	factor de conversión de la densidad del metano, de m ³ a kg (a 0°C y 1 atm de presión)
0.001	=	factor de conversión de kg a toneladas métricas
21	=	factor del potencial de calentamiento global de metano a bióxido de carbono equivalente

Cuadro 5.1. Sólidos volátiles diarios para todas las categorías de ganado

Los valores de VS_L para todas las categorías de ganado se encuentran en el Anexo B, Tabla B.3.

Importante – Los valores provistos de VS del Anexo B se basan en valores específicos para México y en valores por defecto de las Guías del IPCC. De acuerdo a la metodología del MDL ACM0010, se recomienda ajustar los valores VS de acuerdo los datos específicos del sitio, utilizando la siguiente ecuación:

$$VS_L = VS_{tabla} \cdot \left(\frac{Masa\ animal_L}{MTP_L} \right)$$

Donde,

VS_L	=	excreción de sólidos volátiles en base al peso de materia seca (kg/animal/día)
VS_{tabla}	=	excreción de sólidos volátiles de la tabla de consulta (Tabla B.3) (kg/animal/día)
$Masa\ animal_L$	=	masa animal promedio para la categoría de ganado "L" (kg) con datos específicos del sitio. Si no se cuentan con estos datos utilizar los valores del Anexo B, Tabla B.2.
MTP	=	masa típica promedio (kg) de la tabla de consulta (Anexo B, Tabla B.2)

Variables de los cálculos de las emisiones de la línea base de metano según el modelo

El procedimiento de cálculo utiliza una combinación de los valores específicos del sitio y factores por defecto.²⁵

Población – P_L

El procedimiento requiere que los desarrolladores de proyectos diferencien las categorías de ganado (“L”) – por ejemplo, vacas lecheras lactantes, vacas lecheras no lactantes, novillos/vaquillonas, etc. Esto permite contabilizar las diferencias en la generación de metano de todas las categorías de ganado. Ver el Anexo B, Tabla B.2. La población de cada categoría de ganado se monitorea en forma mensual, y para la Ecuación 5.4, se promedia para obtener la población total anual.

Sólidos volátiles – VS_L

Este valor representa la materia orgánica diaria del estiércol de cada categoría de ganado, que está compuesta por fracciones biodegradables y no biodegradables. El contenido de sólidos volátiles del estiércol es una combinación de excrementos de materia fecal (la porción de la dieta de una categoría de ganado consumida y no digerida) y excreciones urinarias, expresado en forma de peso de materia seca (kg/animal).²⁶ Este protocolo requiere que el valor de los sólidos volátiles (VS) para todas las categorías de ganado se determine conforme al Cuadro 5.1.

Masa animal_L

Este valor es la masa promedio anual de los animales por cada categoría de ganado. Se prefiere la utilización de la masa animal específica del sitio para todas las categorías de ganado. Si no se cuenta con estos datos específicos, se podrán utilizar los valores de Masa Típica Promedio (MTP) (Anexo B, Tabla B.2).

Producción máxima de metano – $B_{0,L}$

Este valor representa la capacidad máxima de producción de metano del estiércol, diferenciada por categoría de ganado (“L”) y dieta. Los desarrolladores de proyectos utilizarán los factores B_0 por defecto del Anexo B, Tabla B.3.

MS

El valor MS distribuye el estiércol de cada categoría de ganado a los correspondientes componentes del sistema de manejo de estiércol (“S”). Refleja el hecho real de que los desechos de las categorías de ganado de la operación no se manejan de manera uniforme. El valor MS contabiliza los diferentes tipos de sistemas de manejo de estiércol de una operación. Se expresa como un porcentaje (%) relativo a la cantidad total de desechos producidos por la categoría de ganado. Como la producción de desechos se normaliza para cada categoría de ganado, el porcentaje debería ser calculado como el porcentaje de población de cada categoría de ganado. Por ejemplo, una operación lechera podría enviar el 85% de los desechos de sus vacas lecheras a una laguna anaeróbica, y el 15% podría ser depositado en un corral. En este caso, se asignará un valor MS de 85% a la Ecuación 5.3 y 15% a la Ecuación 5.4.

Importante: el valor MS indica en qué lugar se manejarían los desechos en el escenario de la línea base – es decir, dónde iría a parar el estiércol si no se hubiera instalado el digestor.

²⁵ La Reserva permite a los desarrolladores de proyectos refinar el cálculo cuando fuera apropiado con información específica del sitio. Los documentos de justificación y respaldo de las variables específicas del sitio deben ser entregados a los verificadores de los proyectos.

²⁶ Guías del IPCC 2006 Volumen 4, capítulo 10, p. 10.42.

Factor de conversión del metano – MCF

Cada componente del sistema de manejo de estiércol tiene una eficiencia de conversión de sólidos volátiles a metano, que representa en qué medida se logra la máxima producción de metano (B_0). La producción de metano es una función basada en las condiciones anaeróbicas presentes en el sistema, la temperatura del sistema, y el tiempo de retención de la materia orgánica en el sistema.²⁷

De acuerdo con este protocolo y a la Regla Modelo del RGGI (5 de enero de 2007), para las lagunas anaeróbicas, estanques de almacenamiento, tanques de abono líquido, etc., los desarrolladores de proyectos deben realizar un cálculo de la masa de sólidos volátiles degradados por el sistema de almacenamiento/tratamiento anaeróbico, en base a la información específica del sitio. En la Ecuación 5.3, esto se expresa como “sólidos volátiles degradados” o “ VS_{deg} ”, que equivale a los sólidos volátiles del sistema disponibles mensualmente multiplicado por “ f ”, el factor van’t Hoff-Arrhenius. El factor “ f ” convierte efectivamente el total de sólidos volátiles disponibles en el sistema anaeróbico de almacenamiento/tratamiento estiércol a sólidos volátiles convertibles en metano, en base a la temperatura mensual del sistema.

La multiplicación de “ VS_{deg} ” por “ B_0 ” da como resultado la cuantificación específica del sitio de las emisiones de metano no controladas que se habrían producido de no haber existido un digestor – del sistema anaeróbico de almacenamiento/tratamiento, teniendo en cuenta el aporte de estiércol de cada categoría de ganado al sistema.

Este método para calcular las emisiones de metano refleja el rendimiento biológico mensual específico del sitio de los sistemas anaeróbicos de manejo de estiércol existentes en una operación antes del proyecto, según la ecuación de van’t Hoff-Arrhenius, utilizando los datos de temperatura, carga de VS y tiempo de retención de VS en el sistema de cada granja.²⁸

Los valores de MCF por defecto para el almacenamiento/tratamiento no anaeróbico del estiércol se encuentran disponibles en el Anexo B, Tabla B.4, y se utilizan para la Ecuación 5.4.

5.3 Emisiones de Metano del Proyecto

Las emisiones del proyecto son las emisiones reales de GEI que se producen dentro del límite de estimación de los GEI después de la instalación de un sistema de control de biogás. Las emisiones del proyecto se calculan en forma anual y “*ex-post*”. Pero, al igual que las emisiones de la línea base, algunos parámetros se monitorean en forma mensual. Las emisiones de metano de los sistemas de almacenamiento y/o tratamiento de estiércol que no sean digestores se calculan en forma muy similar a las del escenario de la línea base.

Emisiones de metano del proyecto

Como se indica en la Ecuación 5.5, las emisiones de metano del proyecto equivalen a:

- la cantidad de metano resultante del tratamiento y almacenamiento de desechos no capturado y destruido por el sistema de control, más

²⁷ Guías del IPCC 2006 Volumen 4, capítulo 10, p. 10.43.

²⁸ El método deriva de Mangino et al., “*Development of a Methane Conversion Factor to Estimate Emissions from Animal Waste Lagoons*”

- el metano emanado del estanque de almacenamiento efluente del digestor (si es necesario)
- el metano emanado de fuentes de la categoría de tratamiento y almacenamiento de desechos que no sean el sistema de control de biogás y el estanque efluente asociado. Esto incluye a todos los demás sistemas de tratamiento de estiércol, como pilas de composteo, almacenamiento de sólidos, esparcimiento diario, etc.

De conformidad con la metodología ACM0010 y con el método de cálculo del metano de la línea base de este protocolo, la fórmula para calcular las emisiones de metano del proyecto incluye a todas las fuentes potenciales dentro de la categoría de tratamiento y almacenamiento de desechos. Las fuentes relacionadas con los sistemas de control que no sean de control de biogás se rigen por el mismo método de cálculo que el establecido en las ecuaciones del metano de la línea base. Varios de los datos de las actividades para las variables de la Ecuación 5.8 serán los mismos que los de la Ecuación 5.2 a la Ecuación 5.4.

5.4 Ecuaciones de las Emisiones de Metano del Proyecto

Ecuación 5.6 Emisiones de metano del proyecto

$$PE_{CH_4} = [(PE_{CH_4, BCS} + PE_{CH_4, EP} + PE_{CH_4, non-BCS}) \times 21]$$

Donde,

PE_{CH_4}	=	total anual de emisiones de metano del proyecto, expresado en bióxido de carbono equivalente (tCO ₂ e/año)
$PE_{CH_4, BCS}$	=	emisiones anuales de metano del Sistema de Control de Biogás "BCS" (tCH ₄ /año) – Ecuación 5.7
$PE_{CH_4, EP}$	=	emisiones anuales de metano del Estanque Efluente "EP" del sistema de control del biogás (tCH ₄ /año) –
Ecuación 5.8 $PE_{CH_4, non-BCS}$	=	emisiones anuales de metano de fuentes de la categoría de tratamiento y almacenamiento de desechos que no sean el sistema de control de biogás ni el Estanque Efluente asociado "non-BCS" (tCH ₄ /año) – Ecuación 5.9
21	=	factor del potencial de calentamiento global de metano a bióxido de carbono equivalente

Ecuación 5.7 Emisiones de metano del proyecto del sistema de control de biogás

$$PE_{CH_4,BCS} = (CH_{4,meter}) \left(\left(\frac{1}{BCE} \right) - BDE \right)$$

Donde,

$PE_{CH_4,BCS}$	=	emisiones mensuales de metano del Sistema de Control de Biogás "BCS" (tCH ₄ /año), consolidadas en forma anual.
$CH_{4,meter}$	=	cantidad de metano recolectado y medido por mes (tCH ₄ /mes)
BCE	=	eficiencia de recolección de metano mensual del Sistema de Control de Biogás (% -como un decimal). El valor por defecto es 85% ²⁹
BDE	=	eficiencia de destrucción de metano mensual del dispositivo de destrucción (% -como un decimal). En caso de que haya más de un dispositivo de destrucción funcionando en un determinado mes, se debe utilizar la eficiencia de destrucción promedio ponderada de todos los dispositivos de destrucción (ver el cálculo de BDE siguiente)

$$CH_{4,meter} = F \times (273.15/T)^* \times (P/1)^* \times CH_{4,conc} \times 0.717 \times 0.001$$

Donde,

$CH_{4,meter}$	=	cantidad de metano recolectado y medido por mes (tCH ₄ /mes) ³⁰
F	=	flujo volumétrico de Biogás medido por mes (m ³ /mes)
T	=	Temperatura del flujo de Biogás en K (Kelvin). (K = °C + 273.15)
P	=	Presión del flujo de Biogás en atm
$CH_{4,conc}$	=	concentración de metano del Biogás obtenida de la medición de concentración de metano más reciente (% como un decimal)
0.717	=	densidad del gas metano (kgCH ₄ /m ³) a temperatura y presión estándar (1 atm, 0°C)
0.001	=	factor de conversión de kg a toneladas métricas

Los términos (273.15/T) y (P/1) deberán omitirse si el medidor de flujo continuo se ajusta automáticamente a la temperatura y presión.

²⁹ Los desarrolladores de proyectos tienen la opción de justificar una mayor eficiencia de recolección del sistema de control de biogás basándose en documentación comprobable.

³⁰ Este valor refleja la medición directa del flujo de masa de biogás y la concentración de metano en el biogás enviados al dispositivo de combustión.

Ecuación 5.6 Continuación

$$BDE = \frac{\left((BDE_{of} \times F_{of}) + (BDE_{cf} \times F_{cf}) + (BDE_{lbic} \times F_{lbic}) + (BDE_{rbic} \times F_{rbic}) \right. \\ \left. + (BDE_t \times F_t) + (BDE_b \times F_b) + (BDE_{cng / lng} \times F_{cng / lng}) + (BDE_{ng} \times F_{ng}) \right)}{F_{total}}$$

Donde,		
BDE _{of}	=	eficiencia de destrucción del metano por defecto para quemador abierto ^{31,32} = 0.96
F _{of}	=	volumen total de gas suministrado al quemador abierto (m ³)
BDE _{cf}	=	eficiencia de destrucción del metano por defecto para quemador cerrado ^{27,33} = 0.995
F _{cf}	=	volumen total de gas suministrado al quemador cerrado (m ³)
BDE _{lbic}	=	eficiencia de destrucción del metano por defecto para motor de combustión interna (CI) de mezcla pobre ^{27,29} = 0.936
F _{lbic}	=	volumen total de gas suministrado al motor de CI de mezcla pobre (m ³)
BDE _{rbic}	=	eficiencia de destrucción del metano por defecto para motor de CI de mezcla rica ^{27,29} = 0.995
F _{rbic}	=	volumen total de gas suministrado al motor de CI de mezcla rica (m ³)
BDE _t	=	eficiencia de destrucción del metano por defecto para Microturbina o turbina grande de gas ²⁷ = 0.995
F _t	=	volumen total de gas suministrado a la turbina (m ³)
BDE _b	=	eficiencia de destrucción del metano por defecto para calderas ²⁷ = 0.98
F _b	=	volumen total de gas suministrado a la caldera (m ³)
BDE _{cng/lng}	=	eficiencia de destrucción del metano por defecto para refinamiento y utilización del gas como combustible para vehículos de GNC/GNL = 0.95
F _{cng/lng}	=	volumen total de gas refinado para ser utilizado como combustible de GNC/GNL (m ³)
BDE _{ng}	=	eficiencia de destrucción del metano por defecto para refinamiento e inyección a las tuberías de GN ³⁴ = 0.98
F _{ng}	=	volumen total de gas refinado e inyectado a las tuberías de GN (m ³)
F _{total}	=	volumen total de biogás capturado y medido del sistema de control de biogás (m ³)

³¹ Si se cuenta con este dato, en las Ecuaciones 5.6 y 5.9 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.

³² Seebold, J.G., et. Al., *Reaction Efficiency of Industrial Flares*, 2003

³³ Las eficiencias de destrucción por defecto para esta fuente se basan en una serie preliminar de datos de verificación de fuentes reales provistos por el Distrito de Dirección 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.

³⁴ Las Guías para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero del IPCC de 1996 revisadas establecen un valor estándar de 99.5% para la fracción de carbono oxidado para la combustión de gas (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

Ecuación 5.8 Emisiones de metano del proyecto del estanque efluente del sistema de control de biogás³⁵

$$PE_{CH_4,EP} = VS_{ep} \times B_{o,ep} \times 365 \times 0.717 \times MCF_{ep} \times 0.001$$

Donde,

$PE_{CH_4,EP}$	=	emisiones de metano del Estanque Efluente "EP" (tCH ₄ /año)
VS_{ep}	=	sólidos volátiles hacia el estanque efluente (kg/día) – 30% del promedio diario de sólidos volátiles que ingresan en el digestor ³⁶
$B_{o,ep}$	=	máxima capacidad de producción de metano (m ³ CH ₄ /kg de VS materia seca) ³⁷
365	=	cantidad de días del año
0.717	=	factor de conversión de m ³ a kg (0°C, 1 atm)
MCF_{ep}	=	factor de conversión de metano (%), Anexo B, Tabla B.4. Los desarrolladores de proyectos deben utilizar el valor MCF del abono líquido para los estanques efluentes.
0.001	=	factor de conversión de kg a toneladas métricas

$$VS_{ep} = \left(\sum_L (VS_L \times P_L \times MS_{L,BCS}) \right) \times 0.3$$

Donde,

VS_L	=	sólidos volátiles (VS) producidos por la categoría de ganado "L" con materia seca (kg/animal/día) – <i>Importante</i> - ver el Cuadro 5.1 para obtener una guía sobre los valores VS_L del Anexo B
P_L	=	población anual promedio de la categoría de Ganado "L" (en base a los datos mensuales de la población)
$MS_{L,BCS}$	=	porcentaje de estiércol de la categoría de ganado "L" tratado en el Sistema de Control de Biogás
0.3	=	valor por defecto que representa la cantidad de Sólidos Volátiles que salen del digestor como un porcentaje de los Sólidos Volátiles que ingresan al mismo.

fugas en el usuario final (Manual de Referencia, Tabla 1.58, página 1.121). Estas emisiones se establecen como 118,000 kg CH₄/PJ en base al consumo de gas, que es del 0.6%. Las fugas en los sectores residenciales y comerciales van de 0 a 87,000kg CH₄/PJ, que es el 0.8%. Estas estimaciones de fuga se combinan y multiplican. La eficiencia de la destrucción del metano para el biogás 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 del sector residencial y comercial, y del (99.5% * 99.4% * 99.2%) 98.1% para las plantas industriales y de energía.

³⁵ Si no hay un estanque efluente y los desarrolladores del proyecto envían el efluente del digestor (VS) a pilas de compostaje o lo aplican directamente en la tierra, entonces, se deben rastrear también los VS para estos casos utilizando la Ecuación 5.7.

³⁶ Conforme a la metodología ACM0010 (V2 Anexo I).

³⁷ El valor B_o para el estanque efluente del proyecto no se diferencia por categoría de ganado. Los desarrolladores de proyectos pueden utilizar el valor B_o que corresponde a un promedio de las categorías de ganado de la operación que aportan estiércol al sistema de control de biogás. Se debe presentar al verificador toda la documentación y datos de laboratorio respaldatorios para justificar el valor alternativo.

Ecuación 5.9 Emisiones de metano del proyecto de fuentes relacionadas con sistemas de control que no sean de control de biogás³⁸

$$PE_{CH_4, nBCS} = \left(\sum_L (EF_{CH_4, L}(nBCSs) \times P_L) \right) \times 0.001$$

Donde,

- $PE_{CH_4, nBCS}$ = metano de fuentes que se encuentran dentro de la categoría de tratamiento y almacenamiento de desechos pero que no pertenecen al sistema de control de biogás y el Estanque Efluente asociado (tCH₄/año)
- $EF_{CH_4, L}(nBCSs)$ = factor de emisión para la población de ganado (kgCH₄/cabeza/año) de fuentes no relacionadas con el sistema de control de biogás – (calculado abajo)
- P_L = población de categoría de ganado ‘L’
- 0.001 = factor de conversión de kg a toneladas métricas

$$EF_{CH_4, L}(nBCSs) = (VS_L \times B_{o, L} \times 365 \times 0.717) \times \left(\sum_S (MCF_S \times MS_{L, S}) \right)$$

Donde,

- $EF_{CH_4, L}(nBCSs)$ = factor de emisión para la población de ganado (kgCH₄/cabeza/año) de fuentes no relacionadas con el sistema de control de biogás
- VS_L = sólidos volátiles (VS) producidos por la categoría de ganado “L” con materia seca (kg/animal/día) – *Importante* - ver el Cuadro 5.1 para obtener una guía sobre valores apropiados VS_L del Anexo B
- $B_{o, L}$ = máxima capacidad de producción de metano del estiércol de la categoría de ganado “L” (m³ CH₄/kg de VS materia seca) – Anexo B, Tabla B.3
- 365 = cantidad de días del año
- 0.717 = factor de conversión de m³ a kg (0°C, 1 atm)
- MCF_S = factor de conversión del metano para el componente del sistema “S” (%), Anexo B, Tabla B.4
- $MS_{L, S}$ = porcentaje de estiércol de la categoría de ganado “L” tratado en el componente “S” del sistema no-SCB (%)

5.5 Comparación de la Destrucción de Metano Medida

Como ya se ha mencionado, la Reserva exige que todos los proyectos comparen las reducciones de emisiones de metano calculadas según el modelo para el período de reporte, de acuerdo a las Ecuaciones 5.2 a la Ecuación 5.4 y a las Ecuaciones 5.6 a la Ecuación 5.8 mencionadas anteriormente, con la cantidad real de metano medida que se destruye en el sistema de control de biogás durante el mismo período.

³⁸ De acuerdo con este protocolo, las fuentes no relacionadas con el sistema de control de biogás son los componentes del sistema de manejo de estiércol (componente del sistema “S”) que no sea el sistema de control de biogás ni el estanque efluente asociado (si se utiliza).

Para calcular las reducciones de metano medidas, se deben sumar, durante el período de reporte, las cantidades de biogás que se miden y destruyen mensualmente por medio del sistema de control de biogás. En caso de que un desarrollador de proyecto esté reportando reducciones para un período menor a un año entero, las reducciones de emisiones de metano totales calculadas según el modelo se sumarán durante ese período y se compararán con el metano medido destruido en el sistema de control de biogás durante el mismo período. Por ejemplo, si un proyecto está reportando y verificando solo 6 meses de datos, de julio a diciembre por ejemplo, entonces las reducciones de emisiones calculadas según el modelo durante ese período de 6 meses serán comparadas con el total de biogás destruido medido durante ese mismo período de seis meses, y el menor de los dos valores será utilizado como la cantidad total de reducciones de emisiones de metano para ese período de 6 meses.

La Ecuación 5.10 siguiente detalla el cálculo de la destrucción de metano medida.

Ecuación 5.10 Destrucción de metano medida

$$CH_{4,destroyed} = \sum_{months} (CH_{4,meter} \times BDE) \times 21$$

Donde,

$CH_{4,destroyed}$	=	cantidad total de metano recolectado y destruido (tCO ₂ e/año) durante el período de reporte.
$CH_{4,meter}$	=	cantidad total de metano recolectado y medido por mes (tCH ₄ /mes). Ver Ecuación 5.6 para saber cómo realizar el cálculo.
BDE	=	eficiencia de destrucción de metano mensual del dispositivo de combustión (% -como un decimal). En caso de que haya más de un dispositivo de destrucción funcionando en un determinado mes, se debe utilizar la eficiencia de destrucción promedio ponderada de todos los dispositivos de destrucción (ver Ecuación 5.6 para saber cómo realizar el cálculo)
21	=	factor del potencial de calentamiento global de metano a bióxido de carbono equivalente

Cómo determinar las reducciones de las emisiones de metano

- Si $CH_{4,destroyed}$ es menor que $(BE_{CH_4} - PE_{CH_4})$ según fue calculado en las Ecuaciones 5.2 a la Ecuación 5.4 y en las Ecuaciones 5.6 a la Ecuación 5.8 para el período de reporte, entonces las reducciones de emisiones de metano serán igual a $CH_{4,destroyed}$
- De lo contrario, las reducciones de las emisiones de metano serán igual a $(BE_{CH_4} - PE_{CH_4})$.

5.6 Emisiones de Bióxido de Carbono

Las fuentes de bióxido de carbono dentro del sistema de manejo de estiércol podrían no modificarse como resultado del proyecto, o podrían ser insignificantes. Por lo tanto, los desarrolladores de proyectos pueden realizar una evaluación para determinar si las emisiones de bióxido de carbono son consideradas “*de minimis*”. Los desarrolladores de proyectos solo deben calcular y documentar el consumo de combustible para las emisiones anuales de bióxido de carbono cuando las emisiones de bióxido de carbono del proyecto varían en más del 5% con respecto a las emisiones totales de la línea base. Si las emisiones de bióxido de carbono del proyecto se encuentran dentro del 5% de las emisiones totales de la línea base, entonces el desarrollador del proyecto puede utilizar la técnica del valor más probable para calcular estas emisiones de bióxido de carbono “*de minimis*”. Se deben reportar todas las emisiones de

bióxido de carbono dentro del límite de estimación de los GEI, incluyendo todas las emisiones de bióxido de carbono “*de minimis*” calculadas.³⁹

Para las fuentes de combustión móviles y estacionarias, los desarrolladores de proyectos deben multiplicar la cantidad de combustible consumido por un factor de emisión específico del combustible (ver la Ecuación 5.10 siguiente). Algunos ejemplos de estas fuentes son los generadores de combustible fósil que suministran energía a los sistemas de bombeo o los equipos de la sala de ordeña, la maquinaria que operan en los establos o corrales, o los camiones que transportan el estiércol. Las fuentes móviles incluyen los vehículos que transportan el estiércol fuera del sitio.

Las emisiones de bióxido de carbono de la combustión del biogás son consideradas emisiones biogénicas (en oposición a las antropogénicas), y no serán incluidas en el cálculo de las emisiones del proyecto.

Para mayor información sobre cómo calcular las fuentes de combustión móvil y estacionaria, los desarrolladores de proyectos pueden recurrir a las guías del Protocolo de Reporte General (GRP por sus siglas en inglés) de la Reserva.

La Ecuación 5.10 siguiente calcula el cambio neto en las emisiones antropogénicas de bióxido de carbono resultantes de la actividad del proyecto.

Ecuación 5.11 Cálculo de las emisiones de bióxido de carbono

	$CO_{2,net} = (BE_{CO2MSC} - PE_{CO2MSC})$	
Donde,		
$CO_{2,net}$	=	cambio neto en las emisiones antropogénicas de bióxido de carbono de las fuentes de combustión móvil y estacionaria resultantes de la actividad del proyecto (tCO ₂ /año)
BE_{CO2MSC}	=	total anual de emisiones de la línea base de bióxido de carbono (tCO ₂ /año) de las fuentes de combustión móvil y estacionaria (ver ecuación siguiente)
PE_{CO2MSC}	=	total anual de emisiones de bióxido de carbono del proyecto (tCO ₂ /año) de las fuentes de combustión móvil y estacionaria (ver ecuación siguiente)
Todas las fuentes de combustión estacionaria y móvil se calculan utilizando la ecuación:		
	$CO_{2,MSC} = \left(\sum_c QF_c \times EF_{CO2,f} \right) \times 0.001$	
Donde,		
$CO_{2,MSC}$	=	emisiones antropogénicas de bióxido de carbono (tCO ₂) de las fuentes de combustión móvil y estacionaria
$EF_{CO2,f}$	=	factor de emisión específico del combustible f (kg CO ₂ /GJ), Anexo B, Tabla B.5.
QF_c	=	cantidad de combustible consumido para cada fuente de emisión móvil y estacionaria “c” (GJ/año) ⁴⁰
0.001	=	factor de conversión de kg a toneladas métricas

³⁹ Esto concuerda con las guías del GRP de la Reserva y el Protocolo de Proyectos de GEI del WRI/WBCSD sobre el tratamiento de los efectos secundarios significativos.

⁴⁰ Si la cantidad de combustible está dada en unidades de masa (kg o toneladas) o de volumen (litros o m³) es necesario convertirlo a unidades de energía multiplicando la cantidad de combustible por su poder calorífico neto. Si

6 Monitoreo del Proyecto

Los desarrolladores de los proyectos son los encargados de monitorear el desempeño del proyecto y de operar el sistema de control de biogás de conformidad con las recomendaciones del fabricante para cada componente del sistema. De acuerdo con este protocolo, las reducciones de las emisiones de metano del sistema de control de biogás deben ser monitoreadas por equipos de medición que midan, en forma directa:

- El flujo total de biogás, medido y registrado de manera continua (cada 15 minutos) o de manera acumulada y registrado por lo menos diariamente, ajustado para temperatura y presión, previo a el(los) equipo(s) de destrucción.
- La concentración de metano del biogás enviado a los dispositivos de destrucción, medido con un analizador continuo, o en su defecto, en forma trimestral usando un analizador portátil de gas calibrado.
- El flujo de biogás enviado a cada dispositivo de destrucción, medido y registrado de manera continua (cada 15 minutos), o de manera acumulada y registrado por lo menos diariamente, ajustado para temperatura y presión.

La actividad operativa horaria del sistema de recolección de biogás y los dispositivos de destrucción debe ser monitoreada y documentada para garantizar la destrucción real del metano. 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 subsiguiente 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 Aseguramiento de Calidad/Control de Calidad (QA/QC) para la calibración de dichos equipos. Como mínimo, los instrumentos de medición deben ser inspeccionados, limpiados y calibrados dos veces al año, en conformidad con las especificaciones del fabricante. Todos los medidores de flujo de biogás 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
- Calibrados por el fabricante o por un proveedor de servicios certificado para su calibración una vez al año.

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

Los desarrolladores de los proyectos deberán crear un Plan de Monitoreo que describa la frecuencia con la que se obtienen los datos, el plan de mantenimiento de registros (ver Sección 7.2 para conocer los requisitos mínimos del mantenimiento de registros), y la frecuencia con la que se calibran los instrumentos. El Plan de Monitoreo también debe contener disposiciones de QA/QC para garantizar que la obtención de los datos y la calibración de los medidores se

no se cuenta con el poder calorífico proporcionado por el proveedor de combustibles o por un análisis de laboratorio, se recomienda emplear los poderes caloríficos netos proporcionados en la Tabla B.6, Anexo B.

realicen en forma permanente y precisa. La Figura 6.1 representa la disposición sugerida de los medidores de flujo del biogás y los equipos de medición de concentración de metano.

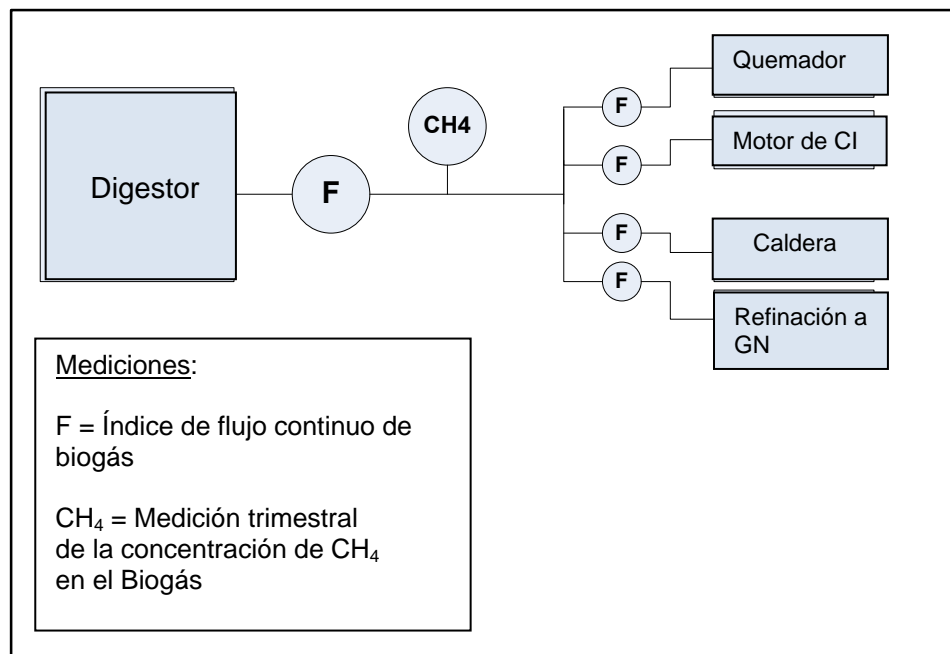


Figura 6.1 Disposición sugerida de los equipos de medición de biogás

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

Los medidores de flujo se deben instalar a lo largo del tubo del cabezal en una sección lo suficientemente recta que proporcione un flujo de gas laminar, ya que flujos turbulentos resultantes de secciones curvas u obstrucciones en los tubos pueden causar interferencia con las mediciones de flujo que dependen de la presión diferencial.⁴¹

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 D.

En caso de que los equipos de monitoreo de los dispositivos de destrucción no funcionen, entonces se asumirá que todo el biogás medido se ha liberado a la atmósfera durante el período de inoperabilidad, considerando una eficiencia de destrucción igual a cero para dicho período. En la Ecuación 5.6, el valor de la eficiencia de destrucción mensual (BDE) se ajustará según corresponda. Por ejemplo: supongamos que el principal dispositivo de destrucción es un quemador abierto con un BDE del 96%, y no ha funcionado por un período de 5 días en un mes de 30 días. En este caso, el BDE mensual sería $(0.96 \cdot 25) / 30 = 80\%$.

La Tabla 6.1 establece disposiciones para monitorear otras variables para el cálculo de las emisiones de la línea base y del proyecto. Los parámetros están organizados por factores generales del proyecto y luego por métodos de cálculo.

⁴¹ Asociación de Residuos Sólidos de Norteamérica, 1997. Operación y mantenimiento de Gas de Rellenos Sanitarios, Manual de prácticas.

Tabla 6.1 Parámetros de Monitoreo del Proyecto

Parámetro	Descripción	Unidad de datos	calculado (c) medido (m) referencia(r) registros operativos (o)	Frecuencia de medición	Comentario
Parámetros Generales del Proyecto					
Regulaciones	Ratificación del desarrollador del proyecto sobre el cumplimiento de los requisitos reglamentarios relacionados con el proyecto de digestor de estiércol	Regulaciones ambientales	n/a	Anualmente	Información utilizada para: 1) Demostrar la capacidad para cumplir con la Prueba Reglamentaria –cuando la regulación exija la instalación de un sistema de biogás. 2) Demostrar el cumplimiento de las normas ambientales asociadas, por ejemplo, límites de descarga de efluentes y contaminantes criterio. <i>Verificador:</i> Determinar las agencias regulatorias encargadas de regular la operación ganadera; revisar las regulaciones y los permisos correspondientes a la operación ganadera.
L	Tipo de categorías de ganado de la granja	Categorías de ganado	o	Mensualmente	Seleccionar de la lista del Anexo B, Tabla B.2 <i>Verificador:</i> Revisar el software de manejo del ganado; realizar visitas al sitio; entrevistar al operador.
MS _L	Fracción de estiércol de cada categoría de ganado manejada en el sistema de manejo de la línea base “S”	Porcentaje (%)	o	Anualmente	Refleja el porcentaje de desechos manejados por los componentes del sistema “S” anteriores al proyecto. Aplicable a toda la operación. Dentro de cada categoría de ganado, la suma de los valores MS (para todos los sistemas de tratamiento/almacenamiento) equivale a 100%. Seleccionar de la lista del Anexo B, Tabla B.1. <i>Verificador:</i> Realizar visitas al sitio; entrevistar al operador; revisar la documentación del escenario de la línea base.

Parámetro	Descripción	Unidad de datos	calculado (c) medido (m) referencia(r) registros operativos (o)	Frecuencia de medición	Comentario
P_L	Cantidad promedio de animales de cada categoría de ganado	Población (No. de cabezas)	o	Mensualmente	<i>Verificador:</i> Revisar el software de manejo del ganado; ⁴² Revisar las presentaciones de reportes sobre calidad del agua o de aire, si se reportan a las autoridades locales, estatales o federales.
Masa animal _L	Masa animal promedio por categoría de ganado	kg	o,r	Mensualmente	De los registros operativos o, en caso de no contar con estos datos del sitio, de la tabla de consulta (Anexo B, Tabla B.2) <i>Verificador:</i> Realizar visitas al sitio; entrevistar al operador de ganado; revisar los registros de ganancia diaria promedio y los registros operativos.
T	Temperatura promedio mensual en el sitio de la operación	°C	m/o	Mensualmente	Se utiliza para el Cálculo de van't Hoff y para seleccionar el valor MCF apropiado. <i>Verificador:</i> Revisar los registros de temperatura del servicio meteorológico.
VARIABLES DE LOS CÁLCULOS DEL METANO DE LA LÍNEA BASE					
$B_{0,L}$	Máxima capacidad de producción de metano del estiércol, por categoría de ganado	(m ³ CH ₄ /kgVS)	r	Anualmente	Del Anexo B, Tabla B.3. <i>Verificador:</i> Verificar el valor correcto de la tabla utilizada.
MCF _S	Factor de conversión del metano para el componente del sistema de manejo de estiércol "S"	Porcentaje (%)	r	Anualmente	Del Anexo B, Tabla B.4. Diferenciar por categoría de ganado. <i>Verificador:</i> Verificar el valor correcto de la tabla utilizada

⁴² Para el ganado porcino y en caso de que el operador no cuente con software de manejo del ganado, se recomienda el uso del software "PigMex" como herramienta de apoyo.

Parámetro	Descripción	Unidad de datos	calculado (c) medido (m) referencia(r) registros operativos (o)	Frecuencia de medición	Comentario
VS _L	Producción diaria de sólidos volátiles	(kg/animal/día)	r,c	Anualmente	Anexo B, Tabla B.3, ver Cuadro 5.1 para revisar el ajuste de valores por defecto. <i>Verificador:</i> Verificar el valor correcto de la tabla utilizada
VS _{avail}	Sólidos volátiles mensuales disponibles para degradación en cada sistema de almacenamiento anaeróbico por cada categoría de ganado	kg	c,o	Mensualmente	Valor calculado de los registros operativos. Se recomienda la utilización de la Herramienta de Cálculo de Ganado de la Reserva para todos los cálculos. <i>Verificador:</i> Asegurar el uso correcto de la Herramienta de Cálculo de Ganado de la Reserva; revisar los registros operativos.
VS _{deg}	Sólidos volátiles mensuales degradados en cada sistema de almacenamiento anaeróbico por cada categoría de ganado	kg	c,o	Mensualmente	Valor calculado de los registros operativos. Se recomienda la utilización de la Herramienta de Cálculo de Ganado de la Reserva para todos los cálculos. <i>Verificador:</i> Asegurar el uso correcto de la Herramienta de Cálculo de Ganado de la Reserva; revisar los registros operativos.
F	Factor van't Hoff-Arrhenius	n/a	c	Mensualmente	La proporción de sólidos volátiles biológicamente disponibles para su conversión a metano en base a la temperatura mensual del sistema. Se recomienda la utilización de la Herramienta de Cálculo de Ganado de la Reserva para todos los cálculos. <i>Verificador:</i> Asegurar el uso correcto de la Herramienta de Cálculo de Ganado de la Reserva; revisar los cálculos, revisar los datos de temperatura.

Parámetro	Descripción	Unidad de datos	calculado (c) medido (m) referencia(r) registros operativos (o)	Frecuencia de medición	Comentario
Variables del Cálculo del Metano del Proyecto – Sistema de Control de Biogás + Estanque Efluyente					
CH _{4, destroyed}	Cantidad total de metano recolectado y destruido en el sistema de control de biogás	Toneladas métricas de CH ₄	c,m	Anualmente	Se calcula como el metano recolectado por la eficiencia de destrucción (ver los parámetros 'CH _{4, meter} ' y 'BDE' siguientes) <i>Verificador:</i> Revisar los datos de lectura del medidor, confirmar el buen funcionamiento de los dispositivos de destrucción, verificar que los datos se consoliden en la cantidad de tiempo correcta.
CH _{4, meter}	Cantidad de metano recolectado y medido en el sistema de control de biogás	Toneladas métricas de CH ₄ (tCH ₄)	c,m	Mensualmente	Se calcula de las lecturas del medidor de flujo de biogás y fracción de metano (Ver los parámetros 'F' y 'CH _{4, conc} ' siguientes). <i>Verificador:</i> Revisar los datos de las lecturas del medidor; confirmar el buen funcionamiento conforme a las especificaciones del fabricante; confirmar los datos de calibración del medidor.
F	Volumen mensual de biogás de los dispositivos de destrucción del digestor	m ³ /mes	m	Continuamente, consolidado mensualmente	Se mide y se registra continuamente con el medidor de flujo (cada 15 minutos) o de manera acumulada por lo menos diariamente. Los datos se consolidan mensualmente. <i>Verificador:</i> Revisar los datos de la lectura del medidor; confirmar la correcta consolidación de los datos; confirmar el buen funcionamiento conforme a las especificaciones del fabricante; confirmar los datos de calibración del medidor.

Parámetro	Descripción	Unidad de datos	calculado (c) medido (m) referencia(r) registros operativos (o)	Frecuencia de medición	Comentario
T	Temperatura del biogás	°C	m	Continuamente, consolidado mensualmente	Se mide para normalizar el flujo del volumen de biogás a temperatura y presión estándar (0°C, 1 atm). No se necesita monitorear la temperatura por separado cuando se utilizan medidores de flujo que miden la temperatura y presión en forma automática, expresando los volúmenes de biogás en metros cúbicos normalizados.
P	Presión del biogás	atm	m	Continuamente, consolidado mensualmente	Se mide para normalizar el flujo del volumen de biogás a temperatura y presión estándar (0°C, 1 atm). No se necesita monitorear la presión por separado cuando se utilizan medidores de flujo que miden la temperatura y presión en forma automática, expresando los volúmenes de biogás en metros cúbicos normalizados.
CH _{4,conc}	Concentración de metano del biogás	Porcentaje (%)	m	Trimestralmente	Se utiliza un método de muestreo directo que arroje un valor de confianza de, al menos, 95%. Las muestras se tomarán, como mínimo, cada tres meses. El instrumento de monitoreo se debe calibrar de acuerdo con las especificaciones del fabricante. <i>Verificador:</i> Revisar los datos de las lecturas del medidor; confirmar el buen funcionamiento conforme a las especificaciones del fabricante.

Parámetro	Descripción	Unidad de datos	calculado (c) medido (m) referencia(r) registros operativos (o)	Frecuencia de medición	Comentario
BDE	Eficiencia de destrucción del metano de los dispositivos de destrucción	Porcentaje (%)	r,c	Mensualmente	Refleja la eficiencia real del sistema para destruir el gas metano capturado – se utiliza para diferentes dispositivos de destrucción. Ver las pautas y factores por defecto de la Ecuación 5.6. <i>Verificador:</i> Confirmar el funcionamiento continuo y adecuado de acuerdo con las especificaciones del fabricante.
BCE	Eficiencia de captura del biogás del digestor anaeróbico, registra las fugas de gas.	Porcentaje (%)	r	Anualmente	El valor por defecto es 85%. Los desarrolladores de proyectos pueden justificar un BCE mayor por medio de pruebas comprobables. <i>Verificador:</i> Revisar el funcionamiento y llevar registros para asegurar la correcta funcionalidad del SCB. Evaluar los casos en que se reporta que el BCE es superior al valor por defecto.
VS _{ep}	Promedio diario de sólidos volátiles del efluente del digestor que pasan al estanque efluente	kg/día	c	Anualmente	Si el proyecto utiliza estanque efluente, equivale al 30% del promedio diario de sólidos volátiles que ingresan al digestor (De ACM0010 -V2 Anexo I) <i>Verificador:</i> Revisar los cálculos de VS _{ep}
MS _{L,BCS}	Fracción de estiércol de cada categoría de ganado manejada en el sistema de control de biogás	Porcentaje (%)	o	Anualmente	Se utiliza para determinar el total de sólidos volátiles que ingresan en el digestor. El porcentaje debería ser monitoreado en los registros operativos. <i>Verificador:</i> Checar los registros operativos y realizar visitas al sitio.
B _{o,ep}	Capacidad máxima de producción de metano del estiércol que pasa al estanque efluente	(m ³ CH ₄ /kgVS)	c	Anualmente	Promedio del valor B _{o,ep} de las categorías de ganado de la operación que aportan estiércol al sistema de control de biogás. <i>Verificador:</i> Checar los cálculos.

Parámetro	Descripción	Unidad de datos	calculado (c) medido (m) referencia(r) registros operativos (o)	Frecuencia de medición	Comentario
MCF_{ep}	Factor de conversión del metano del estanque efluente del sistema de control de biogás	Porcentaje (%)	r	Anualmente	Anexo B, Tabla B.4, (de IPCC v4., capítulo 10, Tabla 10.17). Los desarrolladores de proyectos deberían utilizar el valor MCF del abono líquido. <i>Verificador:</i> Verificar el valor de la tabla.
Variables del Cálculo del Metano del Proyecto – Fuentes no relacionadas con el sistema de control de biogás					
$MS_{L,S}$	Fracción de estiércol de cada categoría de ganado manejada en el componente del sistema de manejo de estiércol no anaeróbico 'S'	Porcentaje (%)	o	Mensualmente	Se basa en la configuración del sistema de manejo de estiércol, diferenciada por categorías de ganado. <i>Verificador:</i> Realizar visitas al sitio; entrevistar al operador.
$EF_{CH_4,L}$ (nBCSS)	Factor de emisión de metano para la población de ganado de las fuentes no relacionadas con el SCB	(kgCH ₄ /cabeza/año)	c	Anualmente	Factor de emisión para todos los sistemas de almacenamiento no relacionados con el sistema de control de biogás, diferenciado por categorías de ganado. Ver Ecuación 5.8. <i>Verificadores:</i> revisar los cálculos y los registros operativos.
Variables del Cálculo del CO₂ de la Línea Base y del Proyecto					
$EF_{CO_2,f}$	Factor de emisión específico del combustible para fuentes de combustión móviles y estacionarias	kg CO ₂ /TJ	r	Anualmente	Para conocer los factores de emisión, ver Anexo B, Tabla B.5. Si el biogás producido por el digestor se utiliza como fuente de energía, el factor de emisión es igual a cero. <i>Verificador:</i> revisar los factores de emisión.

Parámetro	Descripción	Unidad de datos	calculado (c) medido (m) referencia(r) registros operativos (o)	Frecuencia de medición	Comentario
QF _c	Cantidad de combustible utilizado para fuentes de combustión móviles y estacionarias	TJ/año o litros/año, m ³ /año	o,c	Anualmente	Combustible utilizado por el proyecto para la recolección, transporte, tratamiento/almacenamiento y eliminación del estiércol, y fuentes de combustión estacionarias incluyendo los combustibles fósiles complementarios utilizados en el dispositivo de combustión. <i>Verificador:</i> Revisar los registros operativos y el cálculo de las cantidades, revisar poderes caloríficos empleados.

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 todas las emisiones directas de metano y bióxido de carbono dentro del límite de estimación de los GEI, incluyendo todas las emisiones de bióxido de carbono “*de minimis*” calculadas. Los desarrolladores de proyectos deben presentar reportes de las reducciones de emisiones verificadas a la Reserva, y se recomienda la utilización de la Herramienta de Cálculo para Ganadería de la Reserva para todos los cálculos.

7.1 Documentación para la Presentación del Proyecto

Los desarrolladores de proyectos deben presentar la siguiente información a la Reserva antes de registrar las reducciones asociadas con la instalación de un sistema de control de biogás.

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

Como mínimo, la mencionada documentación del proyecto estará públicamente disponible a través de la herramienta de reporte en línea de la Reserva de Acción Climática (Reserva).⁴³ Los desarrolladores de proyectos también tendrán la opción de poner a disposición pública otros datos y documentos en forma voluntaria, como la Herramienta de Cálculo para Ganadería de la Reserva.

⁴³ Los formularios para la Presentación de Proyectos y la información para la inscripción de proyectos se encuentran 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.

Información del Sistema:

- Todas las entradas de datos sobre el cálculo de las reducciones de las emisiones de la línea base y del proyecto.
- Cálculos de las toneladas anuales de CO₂e
- Secciones relevantes de los permisos de operación del sistema de control de biogás
- Ratificación del desarrollador del proyecto del cumplimiento de los requisitos reglamentarios relacionados con el proyecto de ganadería.
- Ratificación del desarrollador del proyecto de que el proyecto de ganadería no ha sido emprendido para cumplir con ningún requisito reglamentario.
- Información sobre el sistema de control de biogás (fechas de instalación, listado de equipos, etc.)
- Información sobre el medidor de flujo del biogás (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).
- Datos del flujo del biogás (para cada medidor de flujo)
- Datos de calibración del medidor de flujo del biogás (para cada medidor de flujo)
- Lecturas de temperatura y presión del biogás (solo si el medidor de flujo no corrige la temperatura y presión en forma automática)
- Datos de monitoreo de la concentración de metano
- Datos de calibración del monitor de concentración de metano
- Datos de monitoreo del dispositivo de destrucción (para cada dispositivo de destrucción)
- Información sobre el dispositivo de destrucción, el monitor de metano y el monitor de flujo de biogás (números de modelo, números de serie, procedimientos de calibración).
- Registros y resultados de las verificaciones iniciales y anuales.
- Todos los registros de mantenimiento relevantes al sistema de control de biogás, equipos de monitoreo y dispositivos de destrucción.

Si se utiliza un analizador de gas portátil calibrado para medir el contenido de CH₄:

- 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 rendimiento.

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 control de biogás 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 Créditos 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. El primer año de reducciones comenzará el año en que el sistema de control de biogás comience a funcionar. Como se describió anteriormente, un sistema se encuentra operativo cuando captura y destruye el gas metano resultante del tratamiento de los desechos de ganadería del desarrollador del proyecto.

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 de manejo de estiércol 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 proyectos 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. 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. Si la Reserva determinara que las reducciones de emisiones han sido registradas por duplicado, todas las reducciones duplicadas reportadas en la Reserva serán anuladas.

8 Glosario de Términos

Adicionalidad	Prácticas de manejo de estiércol 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.
Biogás	Mezcla de gas (principalmente metano) producida como resultado de la descomposición anaeróbica del estiércol de ganado.
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, petróleo y gas natural, producido por la descomposición de plantas y animales fosilizados.
Combustión móvil	Emisiones resultantes del transporte de materiales, productos, desechos y empleados como consecuencia de la combustión de los combustibles de las fuentes de combustión móvil pertenecientes a, o controladas por una compañía (por ejemplo, automóviles, camiones, tractores, topadoras, etc.)
De minimis	Aquellas emisiones reportadas para una o más fuentes, que se calculan utilizando métodos alternativos seleccionados por el operador, sujeto a los límites especificados en este protocolo.
Desarrollador del proyecto	Entidad que lleva a cabo una actividad de proyecto, como se identifica en el Protocolo de Proyectos de Ganadería. El desarrollador del proyecto puede ser un tercero independiente o la entidad que opera el ganado lechero/porcino.
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 (por ejemplo, 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, en oposición a 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	Valor único para determinar una cantidad de gas de efecto invernadero emitida para una determinada cantidad de datos de actividades (por ejemplo, toneladas métricas de bióxido de carbono emitidas por cada barril de combustible fósil quemado)
Factor van't Hoff-Arrhenius	Proporción de sólidos volátiles biológicamente disponibles para ser convertidos a metano en base a la temperatura mensual del sistema ⁴⁴
Fuente de combustion 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 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).
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.

⁴⁴ Mangino, et al.

Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL)	Es uno de los tres mecanismos flexibles previstos en el Protocolo de Kyoto. El MDL es el instrumento del mercado en el cual reducciones certificadas de emisiones pueden lograrse a partir de un proyecto realizado en un país "no-Anexo I" (país en desarrollo), con la asistencia de un país "Anexo I" (país industrializado). Estas reducciones son consideradas en la meta o compromiso de reducción del país "Anexo I" (Art. 12 del Protocolo de Kyoto) en su primer periodo de compromiso (2008-2012).
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.
MMBtu	Un millón de unidades térmicas británicas
Organismo verificador	Entidad acreditada por la Reserva 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 Ganadería	Instalación de un Sistema de Control de Biogás cuya operación genera una disminución de las emisiones de GEI con respecto al escenario de la línea base, por medio de la destrucción del componente de metano del biogás.
Quemador	Dispositivo de destrucción que utiliza una flama abierta para quemar gases combustibles con aire de combustión provisto por el aire ambiental no controlado que rodea a la flama.
Sistema de Control de Biogás (SCB)	Sistema diseñado para capturar y destruir el biogás producido por el tratamiento y/o almacenamiento anaeróbico del estiércol de ganado y/u otra materia orgánica. Comúnmente llamado "digestor".

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	Entidad verificadora aprobada por la Reserva para proveer servicios de verificación a los desarrolladores de proyectos.

9 Referencias

American Society of Agricultural Engineers, Standard: ASAE D384.2 (2005).

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 Manure Management (2006).

Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 11: N₂O Emissions from Managed Soils, and CO₂ Emissions from Lime and Urea Application (2006).

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

Mangino, J., Bartram, D. y Brazy, A. Development of a methane conversion factor to estimate emissions from animal waste lagoons. Presentado en la 17^o Conferencia Annual de Inventarios de Emisiones de la EPA estadounidense, Atlanta GA, del 16 al 18 de abril de 2001.

Solid Waste Association of North America, Landfill gas operation and maintenance, manual of practice (1997).

Seebold, J.G., et. Al., Reaction Efficiency of Industrial Flares: The Perspective of the Past (2003).

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Revisions to the Approved Consolidated Baseline Methodology ACM0010, "Consolidated baseline methodology for greenhouse gas emission reductions from manure management systems," Clean Development Mechanism, Version 02, Sectoral Scopes 13 and 15 (2006).

U.S. Department, of Agriculture Natural Resources Conservation Service, Conservation Practice Standard, Anaerobic Digester—Ambient Temperature, No. 365.

U.S. Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service, Conservation Practice Standard, Anaerobic Digester—Controlled Temperature, No. 366.

U.S. Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service, Conservation Practice Standard, Waste Storage Facility, No. 313.

U.S. Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service, Conservation Practice Standard, Waste Treatment Lagoon, No. 359.

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: 1990-2002, 1990-2003, 1990-2004, 1990-2005, y 1990-2006.

U.S. Environmental Protection Agency - Climate Leaders, Draft Manure Offset Protocol, (octubre 2006).

Association of State Energy Research and Technology Transfer Institutions (ASERTTI), U.S. Environmental Protection Agency AgStar Program, y U.S. Department of Agriculture Rural Development, Protocol for Quantifying and Reporting the Performance of Anaerobic Digestion Systems for Livestock Manures (enero 2007).

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

Anexo A Efectos Ambientales Asociados

Los proyectos de manejo de estiércol poseen muchos beneficios documentados para el medio ambiente, incluyendo la reducción de emisiones de aire, la protección de la calidad del agua y la generación de electricidad. Estos beneficios son el resultado de prácticas y tecnologías bien manejadas, correctamente implementadas y perfectamente diseñadas. No obstante, en aquellos casos en que las prácticas o tecnologías sean diseñadas, implementadas y/o manejadas de forma incorrecta, es posible que la calidad del aire y del agua locales pueda resultar comprometida.

En lo que respecta a la calidad del aire, existe una serie de factores a ser considerados y tratados a fin de poder comprender los beneficios ambientales de un proyecto de biogás y reducir o evitar potenciales impactos negativos. Las emisiones no controladas resultantes de la combustión de biogás pueden contener entre 200 y 300 ppm de NO_x. El proceso de tratamiento anaeróbico crea compuestos intermedios tales como amoníaco, sulfuro de hidrógeno, ortofosfatos, y varios tipos de sales que deben controlarse o capturarse en forma adecuada. Además, las emisiones atmosféricas en los lugares fuera del sitio donde se transporta el biogás pueden anular o disminuir los beneficios del control de las emisiones en el sitio. De esta forma, mientras que los dispositivos tales como unidades de Reducción Catalizadora Selectiva (*Selective Catalyst Reducción*) pueden reducir las emisiones de NO_x y la operación adecuada del sistema de tratamiento puede controlar los intermediarios, un diseño y operación inadecuados pueden dar como resultado la violación de las leyes federales, estatales y locales sobre la calidad del aire así como liberar contaminantes tóxicos a la atmósfera.

Con respecto a la calidad del agua, resulta esencial que tanto los desarrolladores como los gerentes de los proyectos garanticen la integridad del digestor y consideren y dirijan cabalmente el manejo post-digestión del efluente para evitar la contaminación de los cursos de agua locales y los recursos de aguas subterráneas. Fallas catastróficas del digestor; filtraciones de tuberías y tanques; y falta de contención en las áreas de almacenamiento de desechos son ejemplos de los potenciales problemas que se pueden suscitar. Asimismo, la aplicación de digeridos incorrectamente tratados y/o la aplicación de dosis de digerido incorrectas o en el momento equivocado a las tierras agrícolas pueden dar como resultado un aumento en las emisiones de óxido de nitrógeno, contaminación del suelo, y/o lixiviación de nutrientes, neutralizando o reduciendo de este modo los beneficios generales del proyecto.

Los desarrolladores de proyectos no sólo deben acatar el protocolo a fin de registrar las reducciones de GEI en la Reserva, sino que también deben cumplir con todas las reglamentaciones locales, estatales y nacionales relativas a la calidad del aire y agua. Los proyectos deben ser diseñados e implementados para mitigar las potenciales emisiones de contaminantes tales como los que se han descrito anteriormente, y los desarrolladores de proyectos deben obtener los permisos locales correspondientes antes de la instalación para evitar incumplir con la ley.

La Reserva está de acuerdo en que los proyectos para la emisión de GEI no deberían menoscabar los esfuerzos por preservar la calidad del aire y el agua y está dispuesta a trabajar con los interesados a fin de establecer iniciativas que permitan alcanzar tanto los objetivos relacionados con el clima como los objetivos ambientales locales.

Anexo B Tablas de Factores de Emisión

Tabla B.1 Componentes del sistema de manejo de estiércol

Sistema	Definición
Pastura/Pradera/ Potrero	Se permite que el estiércol proveniente de animales alimentados con pastura permanezca como fue depositado y sin ser tratado.
Esparcimiento diario	Habitualmente se retira el estiércol de las instalaciones de confinamiento y se lo aplica a la tierra de cultivo o pasturas dentro de las 24 horas de su excreción.
Almacenamiento sólido	El almacenamiento de estiércol, generalmente por un periodo de varios meses, se realiza en pilas en espacios no cerrados. Es posible apilar el estiércol debido a la presencia de cantidad suficiente de material de cama o a la pérdida de la humedad por evaporación.
Corral de engorda	Un área de confinamiento pavimentado o no sin un recubrimiento vegetal significativo donde el estiércol acumulado puede ser removido de forma periódica.
Líquido/Abono líquido	El estiércol se almacena tal cual fue excretado o con un mínimo agregado de agua ya sea en tanques o estanques de tierra, fuera del lugar en el que están los animales y generalmente por periodos inferiores a un año.
Laguna anaeróbica descubierta	Es un tipo de sistema de almacenamiento líquido diseñado y operado para combinar la estabilización y el almacenamiento de desechos. El sobrenadante de la laguna se utiliza generalmente para la remoción de estiércol de las instalaciones de confinamiento asociadas a la laguna. Las lagunas anaeróbicas se diseñan con diferentes periodos de almacenamiento (hasta un año o más), dependiendo de la región climática, el índice de carga de sólidos volátiles y otros factores operativos. Es posible reciclar el agua de la laguna como agua para limpieza o utilizarla para regar y fertilizar campos.
Almacenamiento en fosas debajo de las instalaciones de confinamiento de animales	Recolección y almacenamiento de estiércol generalmente sin agregado de agua o con una cantidad mínima de ella, habitualmente por debajo de un piso emparrillado dentro de las instalaciones de confinamiento de los animales, usualmente por periodos inferiores a un año.
Digestor anaeróbico	Las excretas animales, con o sin paja, se recolectan y digieren de forma anaeróbica en un gran tanque contenedor o en una laguna cubierta. Los digestores se diseñan y operan para estabilizar los desechos por medio de la reducción microbiana de los compuestos orgánicos complejos de CO ₂ y CH ₄ , que es capturado y quemado o utilizado como combustible.
Quemado para combustible.	Se excreta el estiércol y la orina en los campos. Las tortas de estiércol seco se queman para ser utilizadas como combustible.
Cama profunda para ganado vacuno y porcino	A medida que se acumula el estiércol se agrega material de cama continuamente para absorber la humedad a lo largo de un ciclo de producción y posiblemente por un periodo de 6 a 12 meses. Este sistema de manejo del estiércol se conoce también como sistema de manejo de estiércol de estabulado con cama y es posible combinarlo con engorda en corral o pastura.
Composteo – en tanque*	Composteo, generalmente en un canal cerrado, con ventilación forzada y mezclado continuo.
Composteo – pila estática*	Composteo en pilas con ventilación forzada pero sin mezclado.
Composteo – intensivo en hileras*	Hileras de Composteo que se remueven regularmente (por lo menos en forma diaria) para su mezclado y aireación.
Composteo – pasivo en hileras*	Hileras de Composteo que no se remueven frecuentemente para su mezclado y aireación.
Tratamiento aeróbico	La oxidación biológica de estiércol recolectado en forma líquida ya sea con ventilación forzada o natural. La ventilación natural se limita a los estanques aeróbicos y facultativos y sistemas de humedales y se debe principalmente a la fotosíntesis. Por ende, estos sistemas generalmente se convierten en anóxicos durante los periodos en que no hay luz solar.

*Composteo es la oxidación biológica de un desecho sólido incluyendo el estiércol por lo general con cama u otra fuente orgánica de carbono usualmente a temperaturas termófilas producidas por la producción microbiana de calor.

Fuente: 2006 IPCC Guías para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, Capítulo 10: Emisiones resultantes del manejo del ganado y estiércol, Tabla 10.18: Definiciones de los sistemas de manejo de estiércol, p. 10.49.

Tabla B.2 Categorías de ganado y Masa Típica Promedio (MTP)

Categoría de Ganado (G)	Masa Típica Promedio (MTP) del ganado en kg
Ganado vacuno lechero	
Vacas lecheras lactantes y no lactantes (con alimentación en sistemas intensivos)	550 ^a
Vaquillonas/Novillos (con alimentación en sistemas intensivos)	415 ^b
Toros (a pastoreo en grandes superficies)	450 ^b
Terneros (semi-estabulados con pastura o extensivos de doble propósito a pastoreo)	151 ^c
Vaquillonas/Novillos (semi-estabulados con pastura o extensivos de doble propósito a pastoreo)	300 ^c
Vacas (semi-estabulados con pastura o extensivos de doble propósito a pastoreo)	425 ^c
Ganado porcino	
Lechones destetados	14.6 ^d
Cerdos en crecimiento	40 ^d
Cerdos de engorda finalizados	78 ^d
Sementales	163 ^d
Hembras secas	150 ^d
Hembras gestantes	182 ^d
Hembras en lactación	191 ^d

^a Peso promedio de vacas lecheras en México. Fuentes: FIRCO-SAGARPA, *Potencial de biogás en México*, México y SAGARPA, *Generación y Aprovechamiento de biogás en Granjas Porcinas y Establos Lecheros*, México.

^b Valores por defecto para Norteamérica (ganado de engorda en corral) y para Latinoamérica (machos maduros).

Fuente: IPCC, 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Volumen 4, Capítulo 10, Anexo 10-A2. (Tabla 10A-2).

^c Masa típica promedio a nivel nacional: terneros (0 – 1 año de edad), vaquillonos y novillos (promedio de 1 – 3 años de edad), vacas (mayores a 3 años de edad). Fuente: Ruiz-Suarez, L.G. y E. Gonzalez-Avalos, 1997, "Modeling methane emissions from cattle in Mexico" in *The Science of the Total Environment*, Elsevier, vol. 206, pp. 177-186 (Tabla 2).

^d Consejo Mexicano de Porcicultura, 1997, *Manual para el manejo y control de aguas residuales y excretas porcinas en México*, proyecto desarrollado por E.P. Taiganides, R. Pérez-Espejo y E. Girón-Sánchez, México, D.F., México (Cuadro 2.5).

Tabla B.3 Sólidos Volátiles y Potencial Máximo de Metano por Categoría de Ganado.

Categoría de Ganado (G)	VS_L (kg/animal/día)	B_{o,L} (m³ CH₄/kg VS)
Ganado vacuno lechero		
Vacas lecheras lactantes y no lactantes (en sistemas intensivos en climas fríos y templados con temperatura media anual de 8°C a 23°C)	3.91 ^a	0.188 ^b
Vacas lecheras lactantes y no lactantes (en sistemas intensivos en climas cálidos con temperatura media anual mayor a 24°C)	4.46 ^a	0.188 ^b
Vaquillonas/Novillos (en sistemas intensivos – corral de engorda)	2.02 ^c	0.17 ^c
Toros (a pastoreo)	2.87 ^c	0.10 ^c
Terneros, vaquillonas y novillos (a pastoreo en sistemas semi-estabulados con pastura o de doble propósito)	2.14 ^c	0.10 ^c
Vaquillonas/Novillos (a pastoreo en sistemas semi-estabulados con pastura o de doble propósito)	2.14 ^c	0.10 ^c
Vacas (en sistemas semi-estabulados con pastura en clima frío y templado con temperatura media anual de 8°C a 23°C)	2.86 ^a	0.10 ^c
Vacas de doble propósito (en sistemas extensivos a pastoreo en clima frío y templado con temperatura media anual de 8°C a 23°C)	1.33 ^a	0.10 ^c
Vacas de doble propósito (en sistemas extensivos a pastoreo en clima cálido con temperatura media anual mayor a 24°C)	1.51 ^a	0.10 ^c
Ganado porcino		
Lechones destetados	0.139 ^d	0.48 ^e
Cerdos en crecimiento	0.413 ^d	0.48 ^e
Cerdos de engorda finalizados	0.484 ^d	0.48 ^e
Sementales	0.272 ^d	0.48 ^e
Hembras secas	0.847 ^d	0.48 ^e
Hembras gestantes	0.405 ^d	0.48 ^e
Hembras en lactación	1.139 ^d	0.48 ^e

^a Estimaciones basadas en un estudio sobre mediciones de laboratorio y análisis químico del estiércol de ganado vacuno para la región central de México (aplicable para todo el país). Los valores de sólidos volátiles se estimaron multiplicando la tasa de excretas frescas por la diferencia entre los porcentajes de materia seca y del contenido de ceniza en el estiércol. Fuente: González-Ávalos, E. y L.G. Ruiz-Suárez, 2001. "Methane emission factors from cattle manure in Mexico" en *Bioresource Technology*, vol. 80, p. 63-71 (Tabla 2 – Análisis químico del estiércol de ganado - y Tabla 3 – Producción diario de estiércol fresco de ganado para varios tipos de sistemas de producción).

^b González-Ávalos, E., 1999. *Determinación Experimental de los Factores de Emisión de Metano por Excretas de Bovino en México*, Tesis de doctorado en Ciencias Físicas de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, México (página 76).

^c Valores por defecto para Norteamérica (ganado de engorda en corral) y Latinoamérica (machos maduros y animales jóvenes). Fuente: IPCC, 1996. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Capítulo 4, Anexo B (Tabla B-1)

^d Estimaciones basadas en datos del programa de cómputo "PigMex" que emplea valores de diseño (tasa de excreción) para México, los valores de VS se obtuvieron multiplicando los sólidos volátiles totales (en kg SVT/100 kg. de peso vivo) por la masa típica promedio para cada tipo de ganado porcino (de la Tabla B.2) por animal. Fuente: Consejo Mexicano de Porcicultura, 1997, *Manual para el manejo y control de aguas residuales y excretas porcinas en México*, proyecto desarrollado por E.P. Taiganides, R. Pérez-Espejo y E. Girón-Sánchez, México, D.F., México (Cuadro 3.9).

^e Valores por defecto para Norteamérica. Fuente: IPCC, 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Volumen 4, Capítulo 10, Anexo 10-A2. (Tablas 10A-7 y 10A-8).

Tabla B.4 Tabla B.4. Factores de Conversión de Metano (MCF) por Componente del Sistema de Manejo de Estiércol/Fuente de Metano ‘S’ del IPCC 2006.⁴⁵

VALORES DE MCF POR TEMPERATURA PARA LOS SISTEMAS DE MANEJO DE ESTIÉRCOL																						
Sistema ^a	MCF por temperatura anual promedio (°C)																				Fuente y comentarios	
	Fresco					Templado										Cálido						
	≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	≥ 28			
Pastura/pradera/potrero	1,0%					1,5%										2,0%					Opinión del Grupo de Expertos del IPCC junto con Hashimoto y Steed (1994).	
Esparcimiento diario	0,1%					0,5%										1,0%					Hashimoto y Steed (1993).	
Almacenamiento sólido	2,0%					4,0%										5,0%					Opinión del Grupo de Expertos del IPCC junto con Amon et al. (2001), que muestra emisiones de aproximadamente 2% en invierno y de 4% en verano. El clima cálido se basa en la Opinión del Grupo de Expertos del IPCC junto con Amon et al. (1998).	
Corral de engorda	1,0%					1,5%										2,0%					Opinión del Grupo de Expertos del IPCC junto con Hashimoto y Steed (1994).	
Líquido/ Abono líquido	Con formación de costra natural	10%	11%	13%	14%	15%	17%	18%	20%	22%	24%	26%	29%	31%	34%	37%	41%	44%	48%	50%	Opinión del Grupo de Expertos del IPCC junto con Mangino et al. (2001) y Sommer (2000). La reducción estimada debida a la formación de costra (40%) es un valor promedio anual basado en un conjunto de datos limitado y puede variar ampliamente dependiendo de la temperatura, precipitaciones y composición. Cuando se utilizan tanques de abono líquido como almacenamientos/digestores semi-continuos (fedbatch), el MCF debe calcularse utilizando la fórmula 1.	
	Sin formación de costra natural	17%	19%	20%	22%	25%	27%	29%	32%	35%	39%	42%	46%	50%	55%	60%	65%	71%	78%	80%	Opinión del Grupo de Expertos del IPCC junto con Mangino et al. (2001). Cuando se utilizan tanques de abono líquido como almacenamientos/digestores semi-continuos (fedbatch), el MCF debe calcularse utilizando la fórmula 1.	

⁴⁵ IPCC Pautas para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, 2006, Capítulo 10: Manejo de las emisiones del ganado y estiércol, Tabla 10.17

VALORES DE MCF POR TEMPERATURA PARA LOS SISTEMAS DE MANEJO DE ESTIÉRCOL																				
Sistema ^a	MCF por temperatura anual promedio (°C)																		Fuente y comentarios	
	Fresco					Templado										Cálido				
	≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		≥ 28
Laguna anaeróbica descubierta	66%	68%	70%	71%	73%	74%	75%	76%	77%	77%	78%	78%	78%	79%	79%	79%	79%	80%	80%	Opinión del Grupo de Expertos del IPCC junto con Mangino <i>et al.</i> (2001). Los FCM de lagunas descubiertas varían en base a diversos factores que incluyen temperatura, tiempo de retención y pérdida de sólidos volátiles del sistema (mediante la remoción de efluentes y/o sólidos de la laguna).
Almacenamiento en fosas por debajo de las instalaciones de confinamiento de los animales	< 1 mes	3%					3%										3%			Opinión del Grupo de Expertos del IPCC junto con Moller <i>et al.</i> (2004) y Zeeman (1994). Nótese que deberá utilizarse la temperatura ambiente y no la temperatura estable para determinar las condiciones climáticas. Cuando se utilizan fosas como almacenamientos/digestores semi-continuos (fedbatch), el FCM debe calcularse utilizando la fórmula 1.
	> 1 mes	17%	19%	20%	22%	25%	27%	29%	32%	35%	39%	42%	46%	50%	55%	60%	65%	71%	78%	80%

VALORES DE MCF POR TEMPERATURA PARA LOS SISTEMAS DE MANEJO DE ESTIÉRCOL																					
Sistema ^a		MCF por temperatura anual promedio (°C)																			Fuente y comentarios
		Fresco					Templado										Cálido				
		≤ 10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	≥ 28	
Digestor anaeróbico		0-100%					0-100%										0-100%				Deberán subdividirse en diferentes categorías, considerando la cantidad de recuperación del biogás, combustión del biogás y almacenamiento posterior a la digestión. El cálculo deberá realizarse utilizando la fórmula 1.
Quemado para combustible		10%					10%										10%				Opinión del Grupo de Expertos del IPCC junto con Safley <i>et al.</i> (1992).
Cama profunda para ganado vacuno y porcino	< 1 mes	3%					3%										30%				Opinión del Grupo de Expertos del IPCC junto con Moller <i>et al.</i> (2004). Las emisiones esperadas deben ser similares y posiblemente mayores, que en el almacenamiento en fosa, dependiendo del contenido orgánico y del contenido de humedad.
Cama profunda para ganado vacuno y porcino (cont.)	> 1 mes	17%	19%	20%	22%	25%	27%	29%	32%	35%	39%	42%	46%	50%	55%	60%	65%	71%	78%	90%	Opinión del Grupo de Expertos del IPCC junto con Mangino <i>et al.</i> (2001).
Composteo -en tanque ^b		0,5%					0,5%										0,5%				Opinión del Grupo de Expertos de IPCC y Amon <i>et al.</i> (1998). Los FCM son inferiores a la mitad del almacenamiento sólido. No dependen de la temperatura.
Composteo – Pila estática ^b		0,5%					0,5%										0,5%				Opinión del Grupo de Expertos de IPCC y Amon <i>et al.</i> (1998). Los FCM son inferiores a la mitad del almacenamiento sólido. No dependen de la temperatura.
Composteo – Intensivo en Hileras ^b		0,5%					1,0%										1,5%				Opinión del Grupo de Expertos de IPCC y Amon <i>et al.</i> (1998). Los FCM son levemente inferiores al almacenamiento sólido. Dependen menos de la temperatura.
Composteo – Pasivo en Hileras ^b		0,5%					1,0%										1,5%				Opinión del Grupo de Expertos de IPCC y Amon <i>et al.</i> (1998). Los FCM son levemente inferiores al almacenamiento sólido. Dependen menos de la temperatura.
Tratamiento aeróbico		0%					0%										0%				Los FCM son cercanos a cero. El tratamiento aeróbico puede dar como resultado la acumulación de lodo que puede recibir tratamiento en otros sistemas. El lodo necesita ser removido y tiene altos valores de VS. Es importante identificar el siguiente proceso de manejo del lodo y estimar las emisiones de ese proceso de manejo en caso de que resulten significativas.

a Las definiciones correspondientes a los sistemas de manejo de estiércol se encuentran en la Tabla B1.

b Composteo es la oxidación biológica de un desecho sólido incluyendo el estiércol por lo general con cama u otra fuente orgánica de carbono usualmente a temperaturas termófilas producidas por la producción de calor microbiano.

Tabla B.5 Factores de emisión para 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.6 Poderes caloríficos netos de combustibles fósiles

Combustible	Poder calorífico neto
Combustibles sólidos	
Carbón térmico nacional	19.405 GJ/tonelada métrica
Carbón siderúrgico nacional	23.483 GJ/tonelada métrica
Coque de petróleo	31.424 GJ/tonelada métrica
Coque de carbón	26.521 GJ/tonelada métrica
Combustibles líquidos^a	
Petróleo crudo	0.03871 GJ/litro
Gasolina	0.03161 GJ/litro
Keroseno	0.03381 GJ/litro
Diesel	0.03555 GJ/litro
Combustóleo	0.03944 GJ/litro
Gas licuado de petróleo (GLP) ^b	0.02627 GJ/litro
Nafta	0.03161 GJ/litro
Lubricantes	0.03888 GJ/litro
Combustibles gaseosos	
Gas natural ^c	0.03391 GJ/m ³

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

^b 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. Se utiliza principalmente en el sector residencial, comercial y para el transporte en vehículos para personas y carga.

^c 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. Disponible en:

http://www.energia.gob.mx/webSener/res/PE_y_DT/pub/Balance_2007.pdf (consultado Marzo 2009)

Anexo C Resumen del análisis sobre el Estándar de Rendimiento

El propósito de determinar un Estándar de Rendimiento es establecer un umbral que sea significativamente mejor que la producción promedio de gases de efecto invernadero (GEI) para un servicio en particular. Cuando un desarrollador de proyectos alcanza o supera dicho umbral, se considera que cumple con el criterio de “adicionalidad”. El protocolo de proyectos de la Reserva se enfoca en la siguiente actividad de reducción de emisiones directas: la captura y combustión de metano resultante del manejo del estiércol del ganado. Por ende, en este caso, las emisiones de metano corresponden a la producción de gases de efecto invernadero, y el tratamiento/almacenamiento de estiércol corresponde al servicio especificado.

El análisis para establecer el Estándar de Rendimiento evaluó datos de México sobre sistemas de manejo de estiércol de vacas lecheras y porcinos. Finalmente, recomienda un Estándar de Rendimiento específico para las emisiones de GEI basado en las prácticas/tecnología, es decir, la instalación de un digestor de estiércol (o sistema de control de biogás, en forma más general). El trabajo incluyó las siguientes secciones:

- La industria ganadera en México
- Emisiones de gases de efecto invernadero resultantes del manejo de estiércol del ganado
- Datos relativos a las prácticas de manejo de estiércol del ganado en México
- Reglamentaciones en México que afecten a las prácticas de manejo de estiércol
- Recomendación de un umbral de desempeño para las operaciones ganaderas

C.1 Datos sobre la Población Ganadera de México

De acuerdo al Programa Nacional Pecuario 2007-2012 y al Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), el ganado vacuno para carne tuvo una población de aproximadamente 28.8 millones de cabezas en 2005, en cerca de un millón de unidades de producción.⁴⁶ Esta actividad se realiza principalmente en sistemas de producción extensivos a pastoreo, ocupando más del 50% del territorio nacional. Sin embargo, cerca de 2.5 millones de cabezas (8.7% de la población total) se cría en corrales de engorda, principalmente en las regiones áridas y semiáridas del norte del país.

El ganado vacuno lechero tuvo una población aproximada de 2.2 millones de cabezas en 2005.⁴⁷ Los estados que concentran alrededor del 70% del ganado vacuno lechero son: la Región Lagunera (Coahuila y Durango) (24.1%), Chihuahua (9.9%), Jalisco (9.8%), Hidalgo (8.5%), Puebla (7.9%) y Guanajuato (7.4%). Cerca del 50.6% de la producción de leche proviene de sistemas intensivos especializados; 21.3% de sistemas semi-intensivos, 18.3% de sistemas de doble propósito y 9.8% de granjas pequeñas de traspatio.⁴⁸

El ganado porcino tiene una población aproximada de 15.2 millones de cerdos en 2005, y cerca del 50% de su población se concentra en los estados de Jalisco (15.1%), Sonora (8.4%),

⁴⁶ Disponibles en línea en: www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/PNP/PNP260907.pdf y <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/> (consultados en marzo de 2009)

⁴⁷ Datos del SIAP de SAGARPA. Disponible en: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/> (consultado en marzo de 2009)

⁴⁸ Gallardo-Nieto, JL. 2005. *Situación actual de la producción de leche de bovino en México 2004*. Coordinación General de Ganadería, SAGARPA, México.

Puebla (8.0%), Veracruz (7.2%), Guanajuato (6.7%) y Yucatán (6.5%).⁴⁹ Cerca del 43.6% de esta población se localiza en 4,286 granjas especializadas y semi-especializadas, mientras que alrededor del 56.4% restante se encuentra en más de 1.5 millones de granjas familiares de traspatio.

La Tabla C.1 muestra la población ganadera en México y su posible distribución de acuerdo a su sistema de producción.

Tabla C.1 Datos sobre la población ganadera en México, 2005

Categoría de ganado	Población total ^a [cabezas]	Operaciones ganaderas extensivas o de traspatio		Operaciones ganaderas intensivas tecnificadas y semi-tecnificadas	
		Población [cabezas]	Unidades de producción [granjas]	Población [cabezas]	Unidades de producción [granjas]
Vacuno de carne	28,836,622	23,366,622	n.d.	2,500,000 ^b	n.d.
Vacuno lechero	2,197,346	617,454 ^d	n.d.	1,579,892 ^d	3,000 ^{c,e}
Porcino	15,206,310	5,473,520 ^c	1,501,672 ^c	6,635,988 ^c	4,286 ^c

n.d. no disponible

^a Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/> (consultado en marzo de 2009)

^b SAGARPA, 2008. *Programa Nacional Pecuario 2007-2012*, SAGARPA, Mexico. <http://www.sagarpa.gob.mx> (consultado en marzo de 2009)

^c FIRCO-SAGARPA, *Potencial de biogás en México*. México.

^d Cifras estimadas considerando que 50.6% de la población de ganado vacuno lechero se encuentra en granjas especializadas, 21.3% en semi-especializadas, 18.3% son de doble-propósito y 9.8% en granjas de traspatio.

^e Establos lecheros con hatos mayores a 100 cabezas.

C.2 Análisis de las Prácticas Comunes del Manejo de Estiércol en México

Las condiciones para la generación de metano se dan en el tratamiento y almacenamiento de estiércol, específicamente en las lagunas anaeróbicas y/o estanques de almacenamiento. La distribución del ganado a través de operaciones de diferentes tamaños puede ser un criterio importante a la hora de desarrollar el Estándar de Desempeño para el manejo de estiércol de ganado. Existe una relación general entre las prácticas de manejo del estiércol y el tamaño de la operación, donde las operaciones con grandes hatos o piaras (en términos de número de cabezas) tienden a utilizar sistemas de manejo de estiércol que tratan y almacenan los desechos en forma líquida (es decir, sistemas de agua a presión o raspado/abono líquido), particularmente en operaciones de ganado lechero y porcino.

Debido a que no se encontraron datos a nivel nacional de los sistemas de manejo de estiércol en las operaciones ganaderas, este análisis se desarrolla con base en publicaciones y datos proporcionados por instituciones mexicanas como la SAGARPA, el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), reportes, publicaciones académicas, y en documentos de diseños de proyectos del MDL relacionados con establos lecheros y granjas porcinas.

Ganado porcino

De acuerdo a la base de datos proporcionada por la Coordinación de Ganadería de la SAGARPA, el número de granjas porcinas tecnificadas y semi-tecnificadas en 2006 fue de 4,286 granjas, con una población aproximada de 6.6 millones de cerdos. El 62% de estas

⁴⁹ Datos del SIAP de SAGARPA. Disponible en: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>

granjas tienen una piara de 1 a 500 cabezas, mientras que el 38% restante tiene una piara mayor a 500 cerdos. Las operaciones semi-tecnificadas predominan en estados como Jalisco, Michoacán y Guanajuato, donde a pesar de disponer con tecnologías modernas, se siguen empleando sistemas de manejo tradicionales como son el manejo como fertilizante en húmedo, el secado en pila, el composteo y sistemas de tratamiento de líquidos (sistemas lagunares completos, lagunas de sedimentación y fosas de sedimentación y oxidación).⁵⁰ Por otro lado, las operaciones intensivas en granjas tecnificadas con piaras mayores a 2,000 cerdos se concentran principalmente en Sonora, Yucatán, Nuevo León y Sinaloa.

En un estudio realizado por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y la SEMARNAT,⁵¹ se examinó la relación entre el tamaño de granja y los sistemas de tratamiento, entre otras variables, para analizar el costo-beneficio de la NOM-001 en la calidad del agua residual de las granjas porcícolas. Para ello, el tamaño de las granjas se define en función de la carga orgánica, estimada con base en la cantidad de sólidos suspendidos totales (SST), y a su vez, se clasifica de acuerdo a las fechas de cumplimiento de la norma. Así, las operaciones ganaderas de gran tamaño, con fecha de cumplimiento a partir del 1 de enero de 2000 y con una generación de más de 3 toneladas diarias de SST, son aquellas con un número aproximado de 833 vientres (alrededor de 8,330 cerdos);⁵² las de mediano tamaño, con fecha de cumplimiento a partir del 1 de enero de 2005 y con una generación de entre 1.2 y 3 toneladas diarias de SST, tienen un número aproximado de 333 y 833 vientres (alrededor de 3,330 y 8,330 cerdos); y las de pequeño tamaño, con fecha de cumplimiento a partir del 1 de enero de 2010 y con una generación menor a 1.2 toneladas diarias de SST, con una piara menor a 3,330 cerdos. De acuerdo a esta clasificación y a la base de datos proporcionada por SAGARPA, existen alrededor de 165 granjas de gran tamaño (3.8% del total de las 4,286 granjas formales) que concentran el 40.6% de la población en estas granjas; 430 granjas de mediano tamaño (10% del total de granjas formales) con el 32.2% de la población, y el 86.1% de las granjas restantes (3,691 granjas) son granjas pequeñas que tienen el 27.2% de la población.

En teoría, para el cumplimiento de los límites máximos permisibles de la NOM-001 se requeriría que las granjas de mediano y gran tamaño que descargan a cuerpos de agua cuenten actualmente con sistemas de tratamiento terciarios (los cuáles generalmente incluyen una laguna cuando se sigue un proceso biológico). En la práctica, no se cuentan con datos o estudios suficientes para asegurar esto, ni tampoco sobre el grado de cumplimiento de la norma. Sin embargo, el estudio mencionado describe que varias de las granjas analizadas contaban con diferentes tipos de sistemas de tratamiento. Además, expertos coinciden en que las granjas tecnificadas y semi-tecnificadas para explotaciones porcinas cuentan generalmente con sistemas de tratamiento/almacenamiento líquidos basados en lagunas.⁵³

Por otro lado, se examinaron 69 proyectos relacionados con manejo de estiércol en granjas porcinas y que se encuentran registrados en la Junta Ejecutiva del MDL (a febrero de 2009).

⁵⁰ Steinfeld, H., H. Menzi, P. Gerber, M. Sánchez, S. Gómez, G. Barrera, J.A. Espinosa, G. Salazar, J.G. Martínez, G. Mariscal, P. Jurado, J. González, R. Pérez-Espejo, 2003. *Reporte de la Iniciativa de la Ganadería, el Medio Ambiente y el Desarrollo (LEAD) - Integración por Zonas de la Ganadería y de la Agricultura Especializadas (AWI) - Opciones para el Manejo de Efluentes de Granjas Porcícolas de la Zona Centro de México*. FAO, Roma, Italia. <http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/X6372S/X6372S00.HTM> (consultado en febrero 2009)

⁵¹ Pérez-Espejo, R., 2006. *Granjas porcinas y medio ambiente, Contaminación del agua en La Piedad, Michoacán*, Plaza y Valdés Editores, México, pp. 201. (Cuadro 8, página 101)

⁵² Un vientre se define como una hembra madura sexualmente con peso aproximado de 180 kg. que puede parir una camada de 8 a 12 lechones. Bajo esta definición se usa una aproximación de 10 cerdos por cada vientre.

⁵³ Comunicación con personal del Instituto de Investigaciones Eléctricas y del Colegio de la Frontera Norte (15 de abril de 2009).

Estos proyectos proporcionan información de alrededor de 430 granjas con una población total de 2.2 millones de cerdos. El 73% de estas granjas cuentan con piaras mayores a 2,000 cerdos. Las técnicas más comúnmente empleadas para la recolección de estiércol en estas granjas fueron el raspado, sistemas de agua a presión, bombeo o una combinación de ellos. En cuanto al tratamiento y almacenamiento de estiércol, el 95.8% de las granjas cuentan con sistemas lagunares; 0.5%, emplea fosas y el 2.6% envía el estiércol a canales de concretos que finalmente se descargan en canales agrícolas.

Con base en los proyectos del MDL examinados, en publicaciones académicas y en opiniones expertas, se puede considerar que los sistemas de tratamiento basados en lagunas es la práctica común en operaciones intensivas tecnificadas y semi-tecnificadas medianas y grandes. Además, se menciona que los sistemas de lagunas es la práctica prevaleciente en México, ya que es el sistema de tratamiento menos costoso que permite cumplir con los requerimientos reglamentarios municipales, estatales y federales relacionados con la descarga de aguas residuales.

Ganado vacuno lechero

De acuerdo a González Ávalos y Ruiz Suárez (2007),⁵⁴ los sistemas de manejo de estiércol en lagunas anaerobias y como abono líquido son más comúnmente empleados en sistemas intensivos de producción de leche (50.6% de la producción nacional), mientras que los sistemas semi-intensivos y de doble propósito (31.1% de la producción nacional) tienden a emplear sistemas de almacenamiento sólido o en corral de engorda, donde el estiércol es almacenado para poder ser esparcido posteriormente en tierras agrícolas como fertilizante.

México cuenta con aproximadamente 3,000 establos lecheros con existencias mayores a 100 vacas.⁵⁵ A pesar de que el tamaño del hato más común en operaciones intensivas de ganado vacuno lechero es de 100 a 500 cabezas, existe una tendencia incremental hacia los sistemas confinados con mayor número de cabezas.⁵⁶ En la Región Lagunera (Coahuila y Durango) y Chihuahua se pueden encontrar operaciones con hatos de 2,000 a 6,000 cabezas.

Se examinaron 17 proyectos relacionados con manejo de estiércol en establos lecheros y que se encuentran registrados en la Junta Ejecutiva del MDL (a febrero de 2009). Estos proyectos proporcionan información de 34 granjas con una población total de 63,649 cabezas. El tamaño de los hatos en las granjas varía de 300 a 5,295 cabezas. Las técnicas más comúnmente empleadas para la recolección de estiércol en los corrales y salas de ordeña fueron el raspado y el uso de tractores y aspiradoras en 44% de las granjas y el mezclado con agua a presión en 41% de las granjas. En cuanto al tratamiento y almacenamiento de estiércol, el 65% de las granjas cuentan con sistemas lagunares; mientras que el 35% restante no especifica el sistema empleado, pero mencionan que las lagunas anaerobias se encuentran en construcción o en planeación. Con base en los proyectos del MDL examinados y la opinión de expertos, se puede considerar que en las operaciones intensivas tecnificadas y semi-tecnificadas de ganado vacuno lechero que cuentan con algún sistema de tratamiento de estiércol, los sistemas a base de lagunas es la práctica común.⁵⁷

⁵⁴ González Ávalos, E. y L.G. Ruiz-Suárez, 2007. "Methane conversion factors from cattle manure in Mexico" en *Atmósfera*, vol. 20, no. 1, p. 83-92.

⁵⁵ FIRCO-SAGARPA, *Potencial de biogás en México*. México.

⁵⁶ Speir, J., M.A. Bowden, D. Ervin, J. McElfish, R. Pérez-Espejo, T. Whitehouse, C. Line Carpenter, 2003. *Comparative Standards for Intensive Livestock Operations in Canada, Mexico, and the United States*, Report prepared for the Commission of Environmental Cooperation. Disponible en línea: http://www.cec.org/files/PDF/ECONOMY/Speir-et-al_es.pdf (consultado en febrero 2009)

⁵⁷ Comunicación con personal del Instituto de Investigaciones Eléctricas y del Colegio de la Frontera Norte (15 de abril de 2009).

C.3 Uso de Digestores en México

A partir de la entrada en vigor del Protocolo de Kioto y la operabilidad del MDL en 2005, la captura y destrucción de metano en granjas porcinas de gran escala ha cobrado importancia rápidamente. A febrero de 2009, 69 proyectos en granjas porcinas y 17 proyectos en establos lecheros se han registrado en la Junta Ejecutiva del MDL. La Tabla C.2 muestra que se han implementado, en teoría, 431 digestores en diferentes estados a través de estos proyectos. Para el caso del ganado porcino, se estima que alrededor del 90% de los digestores señalados en los documentos de diseño de proyectos del MDL han sido implementados realmente.⁵⁸

Tabla C.2 Número de digestores implementados a través de proyectos del MDL

Entidad federativa	Total de granjas porcinas especializadas y semi-especializadas [granjas] ^a	Granjas porcinas con digestores ^b	Establos lecheros con digestores ^b
Sonora	344	146	0
Jalisco	1,352	102	0
Puebla	74	43	0
Veracruz	90	31	0
Tamaulipas	25	13	0
Yucatán	219	16	0
Nuevo León	142	12	0
Guanajuato	917	9	2
Sinaloa	26	6	0
Michoacán	357	4	0
Querétaro	60	4	0
Aguascalientes	26	4	2
Chiapas	80	3	0
Hidalgo	103	2	0
Estado de México	46	2	0
Durango	27	1	8
Coahuila	23	1	16
San Luis Potosí	17	1	0
Baja California	7	0	2
Chihuahua	1	0	1
Total	3,936	400	31

^a Base de datos proporcionado por la Coordinación de Ganadería de SAGARPA

^b Estimación basada en los documentos de diseño de proyectos del MDL. Disponibles en línea en: <http://cdm.unfccc.int/Projects/registered.html> (consultado en febrero 2009)

C.4 Recomendación sobre el Estándar de Desempeño

El estándar de desempeño recomendado es un umbral tecnológico específico con el que los operadores de ganado lechero o porcino debieran cumplir. El umbral debería ser la instalación de un sistema de control de biogás (digestor anaeróbico).

En el caso del ganado porcino, 43.6% de la población total porcina se encuentra en 4,286 granjas especializadas y semi-especializadas, mientras que el 56.4% restante se localiza en

⁵⁸ Opiniones expertas, comunicación con personal de la Confederación Mexicana de Porcicultores y de un consultor independiente (22 de abril y 11 de mayo de 2009 respectivamente).

granjas de traspatio. Los digestores anaerobios implementados a través de proyectos del MDL en 430 granjas representan alrededor del 10% del total de granjas formales, lo que implica que cerca de 3,716 granjas tecnificadas y semi-tecnificadas podrían no contar con digestores anaerobios. A pesar de que el número de granjas con digestores representa un porcentaje significativo del número total de granjas formales en diferentes estados (por ejemplo, en Puebla, el 47%; en Sonora, el 40% y en Veracruz, el 30%), es muy probable que la mayor parte de estos digestores no se hubieran instalado sin la presencia del mercado de carbono, particularmente a través del MDL; de apoyos gubernamentales de SAGARPA y FIRCO; o de mecanismos de cooperación internacional, como la Iniciativa de Metano a Mercados de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Además, la instalación y uso de digestores en granjas porcinas no es una práctica prevaleciente debido a las siguientes barreras institucionales, tecnológicas y económicas.⁵⁹

Barreras institucionales:

- Falta de leyes y reglamentos ambientales para las operaciones ganaderas y bajo cumplimiento de las existentes.
- Débiles capacidades nacionales en diseño y gestión de proyectos para reducir las emisiones de metano derivadas de la actividad pecuaria.
- Sin alguna garantía o incentivo gubernamental, los bancos comerciales no están interesados en financiar la adquisición de digestores anaerobios, principalmente por la falta de conocimiento y experiencia con esta tecnología.

Barreras tecnológicas:

- Gran heterogeneidad de las unidades de producción pecuaria respecto a tamaño y niveles de tecnificación.
- Altos costos de inversión, servicios de obra civil para la construcción, operación y mantenimiento.
- Los sistemas se vuelven progresivamente más caros a medida que el tamaño de la granja disminuye.
- Falta de esquemas de atención integral al problema de los residuos pecuarios.
- No se tiene a nivel nacional una industria que fabrique sistemas de biogás, de forma sistemática. Se requiere importar importantes componentes de los digestores, como las cubiertas y geo-membranas, así como los instrumentos de medición y quemadores cerrados.

Barreras económicas

- Incertidumbre respecto a los niveles de rentabilidad de los sistemas de digestión anaeróbica por parte de los productores pecuarios.
- Insuficientes esquemas de financiamiento público y privado.
- Situación económica crítica de los productores nacionales por precios internacionales de insumos alimenticios, lo que dificulta las inversiones en tratamiento de residuos.
- Los beneficios relacionados con el mal olor, las mejoras en la calidad del agua y los ahorros incrementales asociados a los costos de energía, son generalmente insuficientes para motivar a los productores pecuarios a instalar un sistema de control de biogás.

Barreras culturales:

- Baja capacidad local (personal calificado) para la construcción, operación y mantenimiento de digestores anaerobios.

⁵⁹ SEMARNAT, 2008. *Methane to Markets, Mexico Profile, Animal Waste Management Methane Emissions*, México. http://www.methanetomarkets.org/resources/ag/docs/mexico_profile.pdf

- Se requiere un cambio cultural en los operadores de las granjas para que sus prácticas de limpieza de las instalaciones y la alimentación al ganado no afecte la población de las bacterias productoras de metano.

Respecto al ganado vacuno lechero, la operación de los 31 digestores implementados a través de proyectos del MDL es bajo (alrededor del 1%) comparado con el número de establos lecheros con hatos mayores a 100 vacas. De manera similar al caso de las granjas porcinas, la principal barrera que impide la instalación y utilización de digestores es el costo. De acuerdo a un estudio de caso en la cuenca de Delicias, Chihuahua, el costo de la instalación de un digestor oscila entre \$1,512,615 y \$1,589,297 pesos MXN para establos de 200 y 2,000 vacas respectivamente.⁶⁰

Es importante mencionar que a pesar de que varios municipios recomiendan el uso de sistemas específicos de tratamiento y almacenamiento de estiércol, la instalación y uso de digestores no es obligatorio en ninguno de estos municipios.

⁶⁰ Casas, M., B.A. Rivas, M. Soto, A. Segovia, H.A. Morales, M.I. Cuevas, C.M. Keissling, 2009. "Estudio de Factibilidad para la puesta en marcha de digestores anaeróbicos en establos lecheros en la Cuenca de Delicias, Chihuahua" en *Revista Mexicana de Agronegocios*, volumen 24, Universidad Autónoma de la Laguna, México, p. 745-756.

Anexo D Substitución de Datos y Fallos en la Calibración

Este apéndice 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 o superior de las 24 horas previas y posteriores a la falla, el que resulte más conservador.
De uno a siete días	Usar el 95% del límite de confianza inferior o superiores de las 72 horas previas y posteriores a la falla, el que resulte más conservador.
Más de una semana	No se pueden sustituir datos y no se generarán créditos

Para proyectos en ganadería se deben utilizar el límite de confianza inferior o superior. Para calcular las emisiones fugitivas del sistema ($PE_{CH_4,BCS}$), se debe usar el límite superior. Sin embargo, para calcular el gas de combustión ($CH_{4,destroyed}$), se debe aplicar el límite más bajo.⁶¹

⁶¹ Cuando se emplea la herramienta de cálculo de ganado, sólo un valor para el flujo del metano puede ser llenado, y se introduce automáticamente en $PE_{CH_4,SCB}$ y $CH_{4,destroyed}$. Los valores más altos deben ser introducidos inicialmente, ya que esto es la actitud conservadora en los cálculos de emisiones de proyecto. Sin embargo, si la comparación entre las emisiones modeladas y las medidas indica que las reducciones deben basarse en las emisiones monitoreadas, entonces el valor más bajo debe ser sustituido y usado, ya que esto es la actitud más conservadora.

