

## **METODOLOGÍA M/I-ER\_CMP01**

PARA LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE REDUCCIÓN DE GEI DEBIDO AL USO DE ENERGÍA RENOVABLE O AL CAMBIO DE MATERIA PRIMA EN INDUSTRIAS CEMENTERAS



# METODOLOGÍA M/I-ER\_CMP01



**PARA LA EJECUCIÓN DE  
PROYECTOS DE REDUCCIÓN  
DE GEI DEBIDO AL USO DE  
ENERGÍA RENOVABLE O AL  
CAMBIO DE MATERIA PRIMA  
EN INDUSTRIAS  
CEMENTERAS**

**VERSIÓN  
1.1**

## Contenido

ÍNDICE DE TABLAS .....	3
SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....	4
PRÓLOGO .....	5
RESUMEN .....	6
<b>1 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>2 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN .....</b>	<b>10</b>
<b>3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....</b>	<b>11</b>
<b>4 PRINCIPIOS .....</b>	<b>12</b>
4.1 Pertinencia .....	12
4.2 Integridad .....	12
4.3 Coherencia.....	12
4.4 Exactitud.....	12
4.5 Transparencia.....	12
4.6 Conservadurismo .....	13
<b>5 ELEGIBILIDAD Y REQUISITOS DE INCLUSIÓN.....</b>	<b>14</b>
5.1 Adicionalidad.....	14
5.2 Titularidad.....	14
5.3 Objetivo general del proyecto.....	15
<b>6 ESCENARIO DE LÍNEA BASE.....</b>	<b>16</b>
6.1 Delimitación proyecto .....	16
6.1.1 Límites espaciales.....	16
6.1.2 Límites temporales.....	17
6.2 Fuentes de emisión de GEI .....	17
6.3 Cálculo de emisiones en el escenario de línea base .....	19
6.3.1 Proyectos que emplean FNCER como fuente de combustible.....	19
6.3.2 Proyectos que emplean materias primas menos contaminantes .....	26
<b>7 ESCENARIO DE PROYECTO .....</b>	<b>31</b>
7.1 Fuentes de emisión de GEI en proyectos que emplean como fuente de combustible FNCER.....	31
7.2 Fuentes de emisión de GEI en proyectos que emplean materias primas menos contaminantes	33
7.3 Fugas .....	38
<b>8 CUANTIFICACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>40</b>
<b>9 SISTEMA DE MONITOREO, REPORTE Y VERIFICACIÓN (MRV) DEL PR_GEI/I-ER_CMP .....</b>	<b>41</b>
9.1 Monitoreo .....	41
9.2 Reporte.....	51
9.3 Verificación .....	52
<b>10 REFERENCIAS .....</b>	<b>53</b>
<b>11 HISTORIA DEL DOCUMENTO .....</b>	<b>55</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Fuentes de emisión consideradas en el escenario de línea base .....	17
<b>Tabla 2.</b> Componentes y fuentes de emisión propuestas para calcular emisiones directas de CO <sub>2</sub> (WBCSD, 2011) .....	18
<b>Tabla 3.</b> Fuentes de emisión consideradas en el escenario del proyecto de FNCER .....	31
<b>Tabla 4.</b> Fuentes de emisión consideradas en el escenario del proyecto de uso de materias primas menos contaminantes.....	34

## Siglas y acrónimos

<b>AFOLU</b>	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo.
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	Carbonato de Calcio.
<b>CAEM</b>	Corporación Ambiental Empresarial.
<b>CaO</b>	Óxido de Calcio.
<b>CARBONCER</b>	Crédito certificado de remoción o reducción de emisiones de GEI.
<b>CERCARBONO</b>	Empresa certificadora voluntaria de carbono.
<b>CF</b>	Combustibles fósiles.
<b>CH<sub>4</sub></b>	Metano.
<b>CKD</b>	<i>Cement Kiln Dust.</i>
<b>CMNUCC</b>	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono.
<b>COP</b>	Conferencia de las Partes (por sus siglas en inglés).
<b>CSI</b>	<i>Cement Sustainability Initiative.</i>
<b>ECDBC</b>	Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono.
<b>FNCER</b>	Fuentes No Convencionales de Energía Renovable.
<b>GEI</b>	Gases de Efecto Invernadero.
<b>IDEAM</b>	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
<b>INGEI</b>	Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero de Colombia.
<b>IPCC</b>	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
<b>IPPU</b>	Procesos Industriales y Uso de Productos.
<b>MADS</b>	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
<b>MDL</b>	Mecanismo de Desarrollo Limpio.
<b>MgO</b>	Óxido de Magnesio.
<b>MgCO<sub>3</sub></b>	Carbonato de Magnesio.
<b>MRV</b>	Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación.
<b>NAMA</b>	Acciones Nacionalmente Apropriadas de Mitigación.
<b>NDC</b>	Contribución Nacionalmente Determinada.
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Óxido Nitroso.
<b>OVV</b>	Organismos Validadores y Verificadores.
<b>ONN</b>	Organismo Nacional de Normalización.
<b>PJ</b>	Proyecto de mitigación a desarrollar.
<b>PNCC</b>	Política Nacional de Cambio Climático.
<b>PNUD</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
<b>PRR- GEI</b>	Proyecto de Remoción o Reducción de emisiones de GEI.
<b>PR-GEI/I- ER_CMP</b>	Proyecto para la Reducción de emisiones de GEI debido al uso de Energía Renovable o al Cambio de Materia Prima en Industrias cementeras.
<b>RENARE</b>	Registro Nacional de Reducción de Emisiones de GEI.
<b>SISCLIMA</b>	Sistema Nacional de Cambio Climático.
<b>SF<sub>6</sub></b>	Hexafluoruro de azufre.
<b>tCO<sub>2</sub>e</b>	Tonelada de dióxido de carbono equivalente.
<b>WBCSD</b>	<i>World Business Council for Sustainable Development.</i>

## Prólogo

CERCARBONO, como programa de certificación voluntaria de carbono, apoya y financia la elaboración de la presente metodología, desarrollada por una consultora independiente y su equipo técnico interno, avalados por su junta directiva y por su director general:

Desarrollo de la presente metodología	
Autor	CERCARBONO.
Colaboradores	ICONTEC: en su calidad de Organismo Nacional de Normalización (ONN).
Desarrolladora	
María Carolina Nocua Sánchez	Consultora experta contratada por el Organismo Nacional de Normalización (ONN).
Revisores Finales	
Álvaro Vallejo Rendón	CERCARBONO.
Catalina Romero Vargas	

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

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

- ATMOSPHERE ALTERNATIVE
- CONSEJO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE
- CEMEX
- CONFIPETROL
- CONSULTORÍA
- FRASO ALLIANCE COLOMBIA S.A.S.
- HOLCIM S.A. (COLOMBIA)
- MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES DE GUATEMALA
- PRACTICA ALIMENTICIA S.A.S.
- UNICOLMAYOR
- XAMTEC S.A.S.
- UAESP

## Resumen

El efecto negativo que generan las actividades antropogénicas es innegable; cada vez más, es necesario promover prácticas de manufactura sostenibles. Dentro del sector manufacturero, la industria cementera es la mayor emisora de Gases Efecto Invernadero (GEI), principalmente de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), por lo cual se deben promover acciones que contrarresten estas emisiones, tales como la transición del uso de combustibles fósiles a otros de menor impacto en términos de emisión de GEI, la implementación de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) y la implementación de materias primas menos contaminantes para la producción de cemento, lo que permitiría al sector industrial contribuir con la meta propuesta por Colombia bajo el Acuerdo de París de lograr una reducción del 20 % de emisiones de GEI, así como también recibir beneficios económicos por el desarrollo de proyectos de mitigación del cambio climático.

Colombia cuenta con una legislación que apoya las acciones que permiten mitigar los efectos del cambio climático e incluso existen ciertos beneficios monetarios que se pueden obtener con el desarrollo de este tipo de proyectos. Para lograr esto, se debe cumplir con los principios y lineamientos establecidos por la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que son apoyados nacionalmente por el Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV), el cual permite validar la cuantificación de emisiones, tanto las generadas como las reducidas respaldando transparente y verazmente lo reportado por cualquier iniciativa de mitigación del cambio climático.

Con todo lo anterior, la presente Metodología busca brindar los procedimientos y evaluar la factibilidad de participar en el mercado voluntario de carbono a todas las empresas cementeras a nivel nacional, mediante el desarrollo de proyectos de reducción de emisiones de GEI debido al uso de Energía Renovable o al Cambio de Materia Prima en Industrias cementeras (**PR-GEI/I-ER\_CMP**).

Esta Metodología se ha desarrollado teniendo en cuenta las metodologías ACM0003 y ACM0015, aprobadas por la CMNUCC bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Además, se han revisado las herramientas elaboradas por *Cement Sustainability Initiative* (CSI) en las que se cuantifica la huella de carbono en empresas cementeras como insumos para la identificación del escenario de línea base. Esto permite contar con un instrumento robusto para ser implementado adecuadamente por la industria cementera y poder así, cuantificar verazmente los beneficios ambientales generados por la implementación de prácticas de manufactura amigables con el ambiente.

# 1 Introducción

Según el más reciente reporte de riesgos globales (*World Economic Forum, 2020*), el cambio climático y sus consecuencias son el mayor reto que afronta la humanidad, tanto en términos de probabilidad de ocurrencia como de impacto previsto. Esto significa que todos los actores públicos y privados de los diferentes sectores económicos deben trabajar para reducir sus emisiones de GEI mediante el desarrollo de proyectos de mitigación del cambio climático con enfoque sostenible.

De acuerdo con el Primer Informe Bienal presentado por Colombia ante la CMNUCC, el país se comprometió a reportar periódicamente sus avances nacionales en cuanto a la reducción de GEI, bajo el compromiso adquirido en el ámbito internacional. Los mecanismos de reporte establecidos son las comunicaciones nacionales y los informes bienales de actualización. Estos últimos, establecidos a partir de la Conferencia de las Partes (COP, por sus siglas en inglés) en su 16o período de sesiones (Decisión 1/CP.16., párrafo 60c) realizada en 2010 en Cancún (México), se constituyen en una herramienta de información más frecuente en su periodicidad y se concentran en presentar los avances de los países respecto a la cuantificación de sus emisiones de GEI y las acciones que desarrolla para mitigar dichas emisiones por sectores económicos (IDEAM *et al*, 2018). En Colombia, el IDEAM como autoridad científica nacional de cambio climático, tiene la misión de liderar técnicamente la elaboración de estos informes.

Además, teniendo en cuenta el Acuerdo de París de 2015 (tratado internacional y legalmente vinculante) creado en el marco de la Conferencia de las Partes (COP) 21 de la CMNUCC, cuyo objetivo es hacer frente a las amenazas que impone el calentamiento global, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza, estableció que de manera colectiva se debe lograr que la temperatura promedio del planeta no supere los 2°C y en lo posible que no alcance los 1,5°C de temperatura respecto a la era industrial (Naciones Unidas, 2015).

Para lograr este objetivo, se debe trabajar articuladamente con lo establecido en las políticas nacionales como también con lo generado por autoridades ambientales. Así mismo, el Acuerdo estableció los esfuerzos que deben desarrollar las partes para su implementación, que incluyen metas de mitigación de GEI y de adaptación al cambio climático. Para dar cumplimiento a los objetivos de mitigación, las Partes definieron la implementación de contribuciones determinadas a escala nacional (NDC, por sus siglas en inglés), con el fin de contribuir al esfuerzo global de reducción de emisiones, considerando los principios de responsabilidades comunes, pero diferenciadas y de capacidades respectivas.

A partir de la necesidad de avanzar y estructurar lo relacionado con Cambio Climático en el país, en el 2015 se formula la Política Nacional de Cambio Climático (PNCC) y posteriormente se da a conocer la Ley 1931 “*Por la cual se establecen directrices para la Gestión del Cambio Climático*” (Congreso de Colombia, 2018), cuyo objeto es establecer las directrices para la gestión del Cambio Climático en las decisiones de las personas públicas y privadas, la concurrencia de la Nación, en departamentos, municipios, distritos, áreas metropolitanas y autoridades ambientales, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas del país frente a los efectos del mismo y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo bajo en carbono.

Actualmente, el país está buscando cambios relevantes que permitan reducir los impactos del cambio climático desde el sector industrial. Según la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático, elaborada y socializada por el IDEAM y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la categoría de Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU)<sup>1</sup> es responsable del 4 % de las emisiones

---

<sup>1</sup> Para la industria cementera se tiene la categoría 2.A1 Producción de cemento.

de GEI en el país y dentro de esta categoría, la producción de cemento es de las industrias más contaminantes en generación de emisiones de CO<sub>2</sub>.

En Colombia desde la reforma tributaria realizada en la Ley 1819 (Congreso de Colombia, 2016), se creó el Impuesto al Carbono (en el artículo 221), con el que se grava el contenido de carbono de todos los combustibles fósiles implementados en el país con fines energéticos. Por tanto, las empresas o las personas naturales que desarrollen proyectos que reduzcan emisiones de GEI pueden acceder a la causación, total o parcial de este impuesto al carbono siguiendo los lineamientos procedimentales establecidos en el Decreto 926 de 2017 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018a).

En adición a estos instrumentos de política pública, también se cuenta con Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (NAMA, por sus siglas en inglés). Estas son políticas, regulaciones, programas u otro tipo de acciones que reducen las emisiones de GEI de sus niveles tendenciales o *'business as usual'* y que a su vez contribuyen a alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible de los países que las implementan, que son principalmente países en desarrollo. En el ámbito nacional, las NAMA deben estar enmarcadas dentro de la PNCC y alineadas con la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC), así como seguir los lineamientos nacionales establecidos de la Guía Técnica Colombiana para NAMA.

El sector industrial cuenta con su respectiva NAMA: Industria Procesos Productivos, la cual fue lanzada en el 2016 y es liderada por la Corporación Ambiental Empresarial (CAEM)<sup>2</sup>. Esta iniciativa busca promover la transferencia de tecnología mediante la implementación de proyectos de eficiencia energética en las empresas del sector industrial, con el fin de reducir las emisiones de GEI y de mejorar la productividad y la competitividad. Se implementará inicialmente en el sector industrial ya que representa el 13 % de la actividad económica empresarial (Cámara de Comercio de Bogotá, 2017). Desde 2019, se cuenta con una asociación en la que se integran empresas clave dentro de este sector: alfareras, cementeras, cerveceras, coquizadoras, energéticas, de fertilizantes y minero y siderúrgicas<sup>3</sup>. El fin de esta alianza es desarrollar Metodologías de cuantificación de huella de carbono dentro de cada organización, junto con el desarrollo de proyectos que permitan la reducción de emisiones de GEI, para de esta manera unirse al cumplimiento del compromiso nacional de reducción de emisiones adquirido bajo el Acuerdo de París (Naciones Unidas, 2015).

Desde 1999, la industria cementera mundial se ha preocupado por empezar a cuantificar sus impactos ambientales y apoyar con reducción de emisiones de GEI, debido a que son unas de las industrias más contaminantes. En ese sentido, ha desarrollado el protocolo *"Cement CO<sub>2</sub> and Energy Protocol"* (WBCSD, 2011) bajo la Iniciativa de Sostenibilidad del Cemento (CSI por sus siglas en inglés), el cual es compatible con las Directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) para los inventarios nacionales de GEI emitidos en 2006, con la norma ISO 14064-1:2019 y con el Protocolo revisado de gases de efecto invernadero del *World Research Institute* y del *World Business Council for Sustainable Development*.

Con este panorama, dada la creciente tendencia tanto del sector público como del privado, de desarrollar proyectos que permitan la reducción de emisiones de GEI, se hace relevante la elaboración e implementación de Metodologías para la cuantificación de emisiones reducidas o evitadas de GEI, que

---

<sup>2</sup> Entidad sin ánimo de lucro y filial de la Cámara de Comercio de Bogotá, que busca promover la gestión ambiental empresarial en los territorios.

<sup>3</sup> Las empresas pertenecientes al programa adquirieron un compromiso que quedó establecido con la firma del Acta de adhesión al mecanismo voluntario de reducción de emisiones de GEI y la integración del comité directivo, que ejercerá las actividades de control, seguimiento y ajuste de los procesos del programa.

permitan la participación de diferentes sectores económicos en el mercado voluntario de carbono, permitiendo así a aquellas empresas generadoras de emisiones de GEI o la población civil, la implementación de proyectos que les permitan reducir su impacto o monetizar esta reducción.

Con el fin de brindar los lineamientos que permitan cumplir con estos objetivos, CERCARBONO desarrolla la presente Metodología que permite la cuantificación de la reducción de emisiones GEI por parte de industrias cementeras, para cumplir la norma ISO 14064:2019, permitiendo a Organismos Validadores y Verificadores (OVV) respaldar transparentemente estas reducciones y a titulares de estas iniciativas generar créditos de carbono bajo el proceso de certificación de CERCARBONO.

## 2 Objeto y campo de aplicación

La presente Metodología es específica y aplicable al programa de certificación de CERCARBONO. Establece principios, requisitos y proporciona orientaciones a escala de Proyecto para la Reducción de emisiones de GEI debido al uso de Energía Renovable o al Cambio de Materia Prima en industrias cementeras (**PR-GEI/I-ER\_CMP**), corresponde al campo de acción más puntual y aterrizado en el que puede intervenir el sector industrial para disminuir su impacto ambiental.

Dentro del sector industrial cementero, en las acciones de uso de Energía Renovable (ER), los siguientes tipos de FNCER pueden ser tenidos en cuenta para el desarrollo de **PR-GEI/I-ER\_CMP**:

- Hidroeléctrica
- Solar
- Eólica
- Biomasa combustible

En las acciones de Cambio de Materia Prima (CMP) se tendrá en cuenta el reemplazo de materias primas por unas menos contaminantes.

Es importante resaltar que los **PR-GEI/I-ER\_CMP** deben cumplir la legislación nacional y local como también los principios aquí establecidos y los requerimientos del Protocolo de certificación voluntaria de CERCARBONO.

### 3 Términos y definiciones

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

## 4 Principios

Esta sección busca delinear los requisitos que se deben cumplir para validar las reducciones de GEI que se generen. Tales requisitos se encuentran en línea con lo estipulado en la ISO 14064-2:2019 y con el Protocolo de CERCARBONO.

### 4.1 Pertinencia

Este principio busca validar la relevancia del **PR-GEI/I-ER\_CMP** y que este sea de interés para la industria en la que se aplica, en este caso la cementera. Igualmente, es aplicable para la selección del procedimiento que se va a implementar para cuantificar, hacer seguimiento y estimar las reducciones de GEI.

La pertinencia se evalúa frente a la influencia de las decisiones o conclusiones de los usuarios y debe implementar criterios cuantitativos o cualitativos bien documentados. Debe incluir la selección de las fuentes, datos de actividad y metodologías apropiadas.

### 4.2 Integridad

Se siguen los lineamientos referenciados en la presente Metodología como de otras aprobadas internacionalmente, como las del IPCC. Se deben incluir las fuentes de emisión de GEI (construcción del inventario) junto con la cuantificación de sus emisiones de GEI en el escenario de línea base como las reducciones de emisiones GEI generadas por el proyecto. Utilizando datos y parámetros provenientes de fuentes reconocidas, así como modelos técnicamente sustentados que soporten las emisiones o reducciones de GEI.

### 4.3 Coherencia

Se requiere que los resultados del inventario de GEI, tanto del escenario de línea base como el del proyecto, sean comparables a lo largo del tiempo, entre ellos y con el año base. Es necesario documentar de manera clara cualquier modificación en los datos, alcance, métodos de cálculo u otro factor que sea relevante en la serie temporal. Los supuestos, los valores y los procedimientos empleados deben garantizar que el inventario de GEI no se subestime y que las reducciones de GEI no se sobreestimen.

Los cálculos realizados deben ser reproducibles y validados técnicamente, para que puedan generar resultados coherentemente bien respaldados.

### 4.4 Exactitud

Para asegurar la veracidad de la información presentada, la cual también debe incluir un análisis del nivel de incertidumbre que manejan los datos empleados. Este principio permite identificar si se cuenta con la información suficiente y precisa para validar la información presentada.

### 4.5 Transparencia

Este principio hace referencia a la comunicación de la información. Esta debe ser clara, neutral y comprensible, contando con documentación de soporte verídica y los datos presentados pueden ser objeto de auditoría. Todas las referencias y las fuentes de información deben ser mencionadas explícitamente.

Todos los datos, las suposiciones y las metodologías usadas para la construcción de la referencia y el cálculo de reducción de emisiones, deben ser consistentes y permitir la reconstrucción de los cálculos presentados. Igualmente, toda la información relevante del proyecto debe estar accesible. Siguiendo lo estipulado en la ISO 14064-2:2019, se requieren las siguientes acciones en este principio:

- Establecer y documentar clara y explícitamente todos los supuestos
- Hacer clara referencia al material antecedente
- Establecer todos los cálculos y métodos
- Identificar claramente todos los cambios en la documentación
- Recopilar y documentar la información, de manera que permita la verificación y la validación independientes
- Documentar la aplicación de principios
- Documentar la explicación o la justificación
- Documentar la justificación de los criterios seleccionados
- Documentar los supuestos, referencias y métodos, de manera que otra parte pueda reproducir los datos informados
- Documentar cualquier factor externo al proyecto que pueda afectar las decisiones de los usuarios previstos

#### 4.6 Conservadurismo

Este principio se emplea cuando se cuenta con información incierta para realizar la construcción de la línea base o la cuantificación de las reducciones de GEI generadas por el **PR-GEI/I-ER\_CMP**. Se deben utilizar supuestos, Metodologías e información que asegure que se pueden subestimar los resultados en lugar de sobreestimarse y que los resultados fiables se mantengan en un amplio intervalo de supuestos probables. Al emplear este principio, se debe explicar en el documento y se debe incluir la justificación de las decisiones tomadas.

De acuerdo con la ISO 14062-2:2019, esta actitud se satisface cuando:

- Selección apropiada de la ruta de desarrollo y la velocidad de implementación en el área geográfica y los períodos pertinentes en ausencia del proyecto
- Teniendo en cuenta el impacto del proyecto en la ruta de desarrollo y en la velocidad de implementación en el área geográfica y los períodos pertinentes
- Selección apropiada de los parámetros que afectan las emisiones, las remociones y las fuentes, los sumideros y los reservorios de GEI del proyecto
- Producción de resultados fiables mantenidos en un intervalo de supuestos probables.

## 5 Elegibilidad y requisitos de inclusión

La presente Metodología es aplicable o dirigida a la industria cementera para que inserte en sus procesos de producción Energías Renovables o Cambio de Materia Prima, de forma que reduzcan sus emisiones de GEI. Una vez implementada la presente metodología, el **PR-GEI/I-ER\_CMP** debe asegurar que sus reducciones son medibles, cuantificables y permanentes.

Esta metodología cubre dos tipos de acciones en las que la industria cementera se podría enfocar para lograr la reducción de emisiones de GEI:

- El uso de FNCER como fuente energética.
- El cambio de materias primas por unas menos contaminantes.

Teniendo en cuenta que, en el ámbito internacional, el sector de la industria cementera está buscando ampliar sus iniciativas de reducción de emisiones de GEI, más allá de la etapa de fabricación de cemento y desea incluir otras etapas de su cadena de valor (International & Agency, 2011), futuras versiones de la presente Metodología pueden integrar otros tipos de acción de reducción de emisiones de GEI que se desarrollen en esta industria, de manera que se transforme esta práctica manufacturera, en una menos contaminante.

Los **PR-GEI/I-ER\_CMP** deben cumplir los principios del capítulo anterior junto con los requisitos definidos a continuación. De igual forma estar alineados con los requerimientos que se encuentran en el Protocolo para la Certificación Voluntaria de Carbono de CERCARBONO.

Las condiciones que deben cumplir los **PR-GEI/I-ER\_CMP** incluye que:

- Se desarrollen en industrias cementeras con cualquier capacidad o tamaño.
- Se desarrollen en industrias cementeras que utilizan combustibles fósiles para sus procesos de producción (por ejemplo, alimentación de hornos con carbón).
- Se desarrollen en industrias cementeras que utilizan materias primas contaminantes como caliza, arcilla, arena, mineral de hierro y yeso.

Los resultados de mitigación elegibles tienen una vigencia establecida acorde con la reglamentación y con la fecha de la ejecución del proceso de verificación<sup>4</sup>.

### 5.1 Adicionalidad

La adicionalidad en el marco de esta Metodología sigue los principios de la versión más reciente del Protocolo para la certificación voluntaria de carbono de CERCARBONO. De esta manera, un **PR-GEI/I-ER\_CMP** debe demostrar que las emisiones antropogénicas de GEI por fuentes son reducidas en relación con aquellas que hubiesen ocurrido en ausencia del proyecto.

### 5.2 Titularidad

El titular de la iniciativa debe obtener la autorización expresa del tenedor de las empresas cementeras en las que se pretende efectuar el **PR-GEI/I-ER\_CMP**.

En industrias cementeras de propiedad privada, pública o mixta, se debe allegar constancia expresa del propietario(s), poseedor(es) o tenedor(es) de ellas, en la que se autorice la realización de dicho proyecto.

---

<sup>4</sup> La Resolución 1447 establece una vigencia máxima de cinco años. Si este período se modifica, automáticamente se modificarán los criterios de elegibilidad de la presente Metodología.

Se debe incluir evidencia de los derechos o propiedad sobre las empresas cementeras del proyecto y si corresponde, que cuenten con la respectiva licencia ambiental.

Cuando se requiera, debe evidenciarse la propiedad de las reducciones de emisiones de GEI entre las partes interesadas, es decir, la participación, la reclamación o la cesión de las reducciones de emisiones debe estar sustentada en un documento firmado entre las partes.

### **5.3 Objetivo general del proyecto**

El objetivo del **PR-GEI/I-ER\_CMP** es describir el impacto positivo neto esperado por la implementación de las actividades del proyecto y el potencial de mitigación de los resultados de este. Debe incluir toda la información relevante sobre el desarrollo de este, incluyendo su alcance, impactos esperados, período implementación, ubicación, entre otros. Por ejemplo, la reducción de 1'000.000 tCO<sub>2</sub> entre 2020 y 2030 en la industria cementera CETEXA mediante el uso de energía eólica en sus procesos de producción.

Es importante contar con dicha información, para que así el **PR-GEI/I-ER\_CMP** pueda cumplir el proceso de validación y verificación certero, cumpliendo, además, todos los principios establecidos en esta Metodología.

## 6 Escenario de línea base

Actualmente en el contexto colombiano, la industria cementera sigue lineamientos internacionales y trabaja en conjunto con el Gobierno Nacional para implementar el Protocolo de WBCSD “*Cement CO<sub>2</sub> and Energy Protocol*” para la cuantificación de huella de carbono del sector. Por este motivo se recomienda tener en cuenta este Protocolo para construir el escenario de línea base que es familiar a todos los actores de la industria y poder generar así reportes consistentes como sector.

Para definir el escenario de línea base, se deben tener en cuenta los aspectos que se describen a continuación. Es importante contar con la cuantificación de emisiones de GEI generadas por la producción de cemento o cal viva de la empresa, para con esto poder validar las reducciones que se pueden alcanzar por medio de la implementación de un **PR-GEI/I-ER\_CMP** cumpliendo con el requisito de adicionalidad (en este caso se evalúa para proyectos relacionados con uso de FNCER y cambio de materias primas por unas menos contaminantes).

Por tanto, los escenarios de línea base para un **PR-GEI/I-ER\_CMP** las emisiones de GEI por fuentes significativas pueden ser:

1. Cementeras que utilizan combustible fósil como fuente de energía para los procesos de producción de cemento y de cal viva.
2. Cementeras que utilizan materias primas altamente contaminantes dentro del proceso de producción del cemento y de cal viva.

Se recomienda crear más de un escenario de línea base, teniendo en cuenta diferentes aspectos de la producción de cemento o de cal viva, para cuantificar así todas las emisiones de GEI por fuentes (de acuerdo con el Protocolo propuesto por WBCSD), que pueden llegar a afectar los supuestos de la Metodología. Entre los aspectos que se pueden tener en cuenta para definir el escenario de línea base están las condiciones físicas o ambientales, las condiciones económicas, las limitaciones de infraestructura, los recursos disponibles, los precios de insumos y productos (incluido el combustible y otros productos básicos), la producción u otros niveles de actividad, las características de la tecnología, las prácticas o los comportamientos comunes, las leyes y los reglamentos y las políticas gubernamentales o las prioridades de desarrollo.

De esta forma se puede asegurar la transparencia y la credibilidad de la cuantificación desarrollada, de acuerdo con todos los principios mencionados en la sección 4.

Al final, luego de desarrollar los diferentes escenarios, se debe seleccionar el que cumple todos los principios anteriormente mencionados.

En ningún caso, la línea base puede ser más intensiva en emisiones GEI que las prácticas reales de los últimos años de operación de la cementera.

### 6.1 Delimitación proyecto

#### 6.1.1 Límites espaciales

El límite espacial **PR-GEI/I-ER\_CMP** se refiere al sitio físico y geográfico donde se lleva a cabo todo el proceso de producción del cemento o de la cal viva.

La extensión espacial del **PR-GEI/I-ER\_CMP** incluye la infraestructura de la industria cementera, las áreas de extracción de las materias primas y todos los procesos que tienen un área física y que participan en la producción de cal viva o cemento.

Dentro de los límites espaciales se debe especificar datos del sitio de industria cementera como son: país, departamento, municipio, entre otros, incluyendo sus coordenadas geográficas (en el sistema de referencia oficial para Colombia: MAGNA- SIRGAS).

### 6.1.2 Límites temporales

Es importante tener definida la duración del **PR-GEI/I-ER\_CMP** y la temporalidad de las cuantificaciones. La duración que es el período comprendido entre el inicio (día/mes/año) de las acciones de mitigación **PR-GEI/I-ER\_CMP** y el final (día/mes/año) de estas acciones.

Para poder reportar reducciones de emisiones de GEI del **PR-GEI/I-ER\_CMP** se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Definir un año (año base) a partir del cual se realiza la cuantificación de las emisiones de GEI, y la duración del período de análisis.
- Definir el año en el que el proyecto entra en funcionamiento y por cuánto tiempo va a operar.
- Períodos de verificación. Una vez el proyecto se encuentre en funcionamiento, se deben realizar monitoreos periódicos de verificación del estado de reducción de emisiones. Validando las cuantificaciones y supuestos manejados.
- El período de acreditación será de veinte años, o igual a la vida útil del **PR-GEI/I-ER\_CMP** (si esta es menor a veinte años, contada desde el momento en que el proyecto entre en funcionamiento).

## 6.2 Fuentes de emisión de GEI

De acuerdo con los procesos productivos que se desarrollan en la industria manufacturera, el CO<sub>2</sub> es el principal GEI generado en la industria cementera y, por tanto, es el que se cuantifica usualmente en el Protocolo empleado para este sector (como es el *Cement CO<sub>2</sub> and Energy Protocol*). Las fuentes de emisión consideradas en el escenario de línea base son principalmente las generadas por diversas fuentes (ver Tabla 1) en los procesos de producción de cemento y de cal viva. Normalmente las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) generadas en los hornos son mínimas, debido a las altas temperaturas de combustión empleadas; típicamente son alrededor del 0,01 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> del horno sobre una base de CO<sub>2</sub>e. Así mismo, se generan emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) en los hornos, pero también en proporciones muy bajas. Otros GEI no son relevantes en el contexto de la industria de cemento. Por esta razón no se cuantifican.

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

Fuente	GEI	Incluido	Explicación
Calcinación de materias primas en el horno	CO <sub>2</sub>	Sí	Emisión directa del horno de clínker. Incluye efectos para sistemas de producción <i>By-pass</i> y polvo de horno del clínker
	CH <sub>4</sub>	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
	N <sub>2</sub> O	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
Uso de combustibles en el horno, incluido el quemador principal y el precalcinador (fósiles, fósiles alternativos y no fósiles)	CO <sub>2</sub>	Sí	Emisiones directas del clínker
	CH <sub>4</sub>	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
	N <sub>2</sub> O	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar

Fuente	GEI	Incluido	Explicación
Uso de combustibles para la preparación de materias primas y combustibles alternativos (por ejemplo, secado de materiales o combustibles utilizando secadores externos)	CO <sub>2</sub>	Sí	Solo si existe un consumo adicional de combustibles durante la preparación de materias primas o combustibles, por ejemplo, secado de materiales mediante quemadores
	CH <sub>4</sub>	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
	N <sub>2</sub> O	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
Uso de electricidad (red y autogenerada) para la preparación de materias primas y combustibles, y para la operación de equipos relacionados con el horno (motores, compresores, ventiladores, etc.)	CO <sub>2</sub>	Sí	Cambios en el sistema de alimentación y preparación de materiales.
	CH <sub>4</sub>	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
	N <sub>2</sub> O	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
Emisiones de combustibles fósiles desplazados en la planta del proyecto	CO <sub>2</sub>	Sí	Principal fuente de emisión
	CH <sub>4</sub>	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
	N <sub>2</sub> O	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
Emisiones de metano evitadas por eliminación o la quema incontrolada de residuos de biomasa	CO <sub>2</sub>	No	Se supone que las emisiones de CO <sub>2</sub> de los residuos de biomasa excedentarios no dan lugar a cambios en los depósitos de carbono en el sector AFOLU.
	CH <sub>4</sub>	Sí	Incluido si se puede descartar fugas
	N <sub>2</sub> O	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar

La cuantificación de las emisiones directas de CO<sub>2</sub> en el proceso de producción proviene de dos fuentes: la calcinación de materias primas en la etapa de piroprocesamiento y la combustión generada en el horno. Otras fuentes de CO<sub>2</sub> a ser consideradas provienen de las emisiones directas de combustibles utilizados en otros procesos que no se relacionan con el uso de hornos (por ejemplo, secadoras, calefacción de habitaciones, transportes *in situ*) y emisiones indirectas de, por ejemplo, producción y transporte de energía externa, las cuales no forman parte del alcance de la presente Metodología.

Los procesos que se recomiendan reportar como fuentes de emisión de GEI en la producción de cemento o de cal viva son los siguientes:

- Suministro de materia prima (canteras, minería, trituración).
- Preparación de materias primas, combustibles y aditivos.
- Operación del horno (piroprocesamiento).
- Molienda, mezcla de cemento.
- Transportes *in situ*.
- Generación de energía *in situ*.
- Calefacción / refrigeración de habitaciones.

Para realizar la cuantificación de emisiones de CO<sub>2</sub> de los procesos anteriormente enunciados, se deben tener en cuenta la siguiente Tabla<sup>5</sup>:

**Tabla 2.** Componentes y fuentes de emisión propuestas para calcular emisiones directas de CO<sub>2</sub> (WBCSD, 2011)

<sup>5</sup> Se deben tener en cuenta aquellas fuentes con las que cuente la planta de producción.

Componentes	Fuente de Emisión
<b>Materia prima</b>	Basado en la entrada de materia prima: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Calcinación de la materia prima consumida para la producción de cemento/clínker o cal viva.</li> <li>○ Calcinación de polvo.</li> <li>○ Calcinación parcial del polvo de derivación.</li> <li>○ Materias primas adicionales no incluidas en la alimentación del horno.</li> </ul>
	Basados en la producción de cemento/clínker o cal viva: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Calcinación de la materia prima consumida para la producción de cemento/clínker o cal viva.</li> <li>○ Calcinación de polvo.</li> <li>○ Carbono orgánico en materias primas.</li> </ul>
<b>Combustión en horno y fuera del horno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Combustibles convencionales.</li> <li>○ Combustibles fósiles alternativos y combustibles mixtos.</li> <li>○ Biomasa.</li> </ul>

Junto con lo anterior, se deben atender los lineamientos descritos en los numerales en la última versión del Protocolo para la Certificación Voluntaria de Carbono de CERCARBONO.

### 6.3 Cálculo de emisiones en el escenario de línea base

Teniendo en cuenta las opciones de proyectos de mitigación que se están desarrollando dentro de la industria cementera, a continuación, se indica la forma para realizar el cálculo de las emisiones en la línea base. Es importante tener en cuenta que los factores de actividad y los factores de emisión empleados en la cuantificación, deben estar definidos claramente junto con las fuentes de las cuales se obtuvieron estos valores.

#### 6.3.1 Proyectos que emplean FNCER como fuente de combustible

Este tipo de proyectos son aquellos en los que los combustibles fósiles utilizados en una instalación de producción de cemento o cal viva existente son reemplazados parcialmente por combustibles fósiles bajos en carbono o FNCER (como biomasa).

Siguiendo la Metodología de la UNFCCC: *Large-scale Consolidated Methodology: Partial substitution of fossil fuels in cement or quicklime manufacture – ACM0003*, este tipo de proyectos debe cumplir con las siguientes condiciones (UNFCCC, 2013):

- Se requiere una inversión significativa para permitir el uso de combustibles fósiles bajos en carbono o FNCER.
- Durante los últimos tres años antes del inicio de la actividad del proyecto, no deben haberse utilizado combustibles alternativos en la planta del proyecto.
- La reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> se refiere a las emisiones generadas únicamente por la quema de combustible y no está relacionada con las emisiones de CO<sub>2</sub> de la descarbonización de las materias primas (es decir, minerales que contienen CaCO<sub>3</sub> y MgCO<sub>3</sub>).
- La Metodología es aplicable solo para la capacidad instalada (expresada en toneladas de clínker/año o toneladas de cal viva/año) que existe en el momento de la validación de la actividad del proyecto.
- Si el proyecto está relacionado con el uso de biomasa, esta no se debe procesar químicamente (por ejemplo, esterificación para producir biodiesel, producción de alcoholes a partir de biomasa, entre otros) antes de la combustión en la planta del proyecto, pero puede procesarse mecánicamente o secarse en el sitio del proyecto. Igualmente, cualquier preparación que se produzca antes de su uso en la actividad del proyecto, no debe causar otras emisiones

significativas de GEI (como, por ejemplo, las emisiones de metano del tratamiento anaeróbico de aguas residuales o de la producción de carbón carbónico); y esta debe almacenarse en condiciones aeróbicas.

Para calcular l escenario de línea base se deben seguir los siguientes pasos (UNFCCC, 2013):

**Paso 1: Estimar la penalización por combustible específica del proyecto**

Se debe tener en cuenta que en este tipo de proyectos se aplica una penalización por combustible específica, porque la combustión de biomasa típicamente más gruesa u otros combustibles alternativos reduce la eficiencia de transferencia de calor en el proceso de fabricación de cemento o cal viva. Por tanto, el uso de combustibles alternativos requiere un mayor aporte de calor para producir la misma cantidad y calidad de cemento/clínker o cal viva. El contenido químico y la facilidad de absorción en cemento/clínker o cal viva de todas las cenizas de combustible también difieren y esto también contribuye a la necesidad de una penalización de combustible específica del proyecto. Por esta razón, se debe aplicar este ajuste y se puede calcular de la siguiente manera:

$$PC_t = PRCCP_{c,t} * PCLCVLB_t * MAX(0, CESUCCP_t - CESUCCLB_t) \quad (Ec. 1)$$

Variable	Unidades	Descripción
PC_t	GJ	Penalización por combustible en el año t.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/I-ER_CMP.
PRCCP_c,t	NA	Proporción de clínker o cal viva producida mediante el uso de biomasa o combustible alternativo/menos intensivo en carbono en el escenario de proyecto.
c	NA	Índice de la clase o tipo de combustible.
PCLCVLB_t	t	Producción de clínker o cal viva en el año t del escenario de línea base.
CESUCCP_t	GJ/t	Consumo de energía específico unitario de la planta en el año t del escenario de proyecto.
CESUCCLB_t	GJ/t	Consumo de energía específico unitario de la planta en el año t del escenario de línea base.

Para calcular la proporción de clínker o cal viva producida mientras se utilizó combustible alternativo (FN CER), biomasa alternativo o menos intensivo en carbono del proyecto en el año t (PRCCP\_c,t) puede utilizarse para contabilizar los períodos, por ejemplo, el inicio, cuando no se utilizan los combustibles propuestos por el proyecto. Se puede calcular de la siguiente manera:

$$PRCCP_{c,t} = \frac{\sum_{c=1}^C (CFAP_{c,t} * PCNLB_{c,t}) + \sum_{a=1}^A (CFAP_{a,t} * PCNP_{a,t})}{\sum_{c=1}^C (CFP_{c,t} * PCNLB_{c,t}) + \sum_{a=1}^A (CFAP_{a,t} * PCNP_{a,t})} \quad (Ec. 2)$$

Variable	Unidades	Descripción
PRCCP <sub>c,t</sub>	NA	Proporción de clínker o cal viva consumida por el uso de biomasa o combustible alternativo/menos intensivo en carbono en el año t del escenario de proyecto.
c	NA	Índice de la clase o tipo de combustible.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/I-ER_CMP.
CFAP <sub>c,t</sub>	t	Consumo de combustible fósil de la clase c por el uso de biomasa o combustible alternativo/menos intensivo en carbono en el año t del escenario de proyecto.
PCNLB <sub>c,t</sub>	GJ/t	Poder calorífico neto de la clase o tipo de combustible c en el año t del escenario de línea base.
CFAP <sub>a,t</sub>	t	Consumo de combustible alternativo o fósil menos intensivo en carbono de la clase o tipo a en el año t del escenario de proyecto.
a	NA	Índice de la clase o tipo de combustible alternativo o fósil menos intensivo en carbono.
PCNP <sub>a,t</sub>	t	Poder calorífico neto de la clase o tipo de combustible alternativo o fósil menos intensivo en carbono de la clase a en el año t del escenario de proyecto.
CFP <sub>c,t</sub>	t	Consumo de combustible fósil de la clase c en el año t del escenario de proyecto.
C	NA	Cantidad total de combustibles.
A	NA	Cantidad total de clases o tipos de combustible alternativo o fósil menos intensivos en carbono.

El consumo de energía específico en el proyecto se calcula con base en la cantidad de todos los combustibles utilizados en la planta del proyecto y la cantidad de clínker o cal viva producida en el año t, de la siguiente manera:

$$CESUCCP_t = \frac{\sum_{c=1}^C (CFP_{c,t} * PCNLB_{c,t}) + \sum_{a=1}^A (CFAP_{a,t} * PCNP_{a,t})}{PCLCVLB_t} \quad (\text{Ec. 3})$$

Variable	Unidades	Descripción
CESUCCP <sub>t</sub>	GJ/t	Consumo de energía específico unitario de la planta en el año t del escenario de proyecto.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/I-ER_CMP.
CFP <sub>c,t</sub>	t	Consumo de combustible fósil de la clase c en el año t del escenario de proyecto.
c	NA	Índice de la clase o tipo de combustible.
PCNLB <sub>c,t</sub>	GJ/t	Poder calorífico neto de la clase o tipo de combustible c en el año t del escenario de línea base.

Variable	Unidades	Descripción
a	NA	Índice de la clase o tipo de combustible alternativo o fósil menos intensivo en carbono.
CFAP_a,t	t	Consumo de combustible alternativo o fósil menos intensivo en carbono de la clase o tipo a en el año t del escenario de proyecto.
C	NA	Cantidad total de combustibles.
PCNP_a,t	t	Poder calorífico neto de la clase o tipo de combustible alternativo o fósil menos intensivo en carbono de la clase a en el año t del escenario de proyecto.
PCLCVLB_t	t	Producción de clínker o cal viva en el año t del escenario de línea base.
A	NA	Cantidad total de clases o tipos de combustible alternativo o fósil menos intensivos en carbono.

Si no se cuenta con el factor de actividad del proyecto, se recomienda tener un enfoque conservador, Para calcular el consumo específico de energía del proyecto, el cual se calcula como la relación anual promedio de entrada de combustible por clínker o producción de cal viva de los tres años más recientes, antes del inicio de la actividad del proyecto, de la siguiente manera:

$$CESUCCLB_t = \frac{CGP_x + CGP_{x-1} + CGP_{x-2}}{PCC_x + PCC_{x-1} + PCC_{x-2}} \quad (\text{Ec. 4})$$

Variable	Unidades	Descripción
CESUCCLB_t	GJ/t	Consumo de energía específico unitario de la planta en el año t del escenario de línea base.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/I-ER_CMP.
CGP_x	GJ	Calor generado por combustión de combustible en el año anterior al inicio del proyecto.
PCC_x	t	Producción de clínker o cal viva en el año anterior al inicio del proyecto.
x	NA	Año anterior al inicio de la actividad del proyecto.

$$CGP_x = \sum_{c=1}^C (CCFP_{c,x} * PCNCF_c) \quad (\text{Ec. 5})$$

Variable	Unidades	Descripción
CGP_x	GJ	Calor generado por combustión de combustible en el año anterior al inicio del proyecto.
x	NA	Año anterior al inicio de la actividad del proyecto.
CCFP_c,x	t	Consumo de combustible fósil de la clase c en el año anterior al inicio del proyecto.
c	NA	Índice de la clase o tipo de combustible.
PCNCF_c	GJ/t	Poder calorífico neto de la clase o tipo de combustible c.
C	NA	Cantidad total de combustibles.

**Paso 2: Calcular las emisiones de referencia de los combustibles fósiles desplazados por los combustibles bajos en carbono o FNCER**

Para calcular las emisiones de referencia derivadas del desplazamiento de combustibles fósiles se utiliza la siguiente fórmula:

$$ECFDLB_t = \left( \sum_{a=1}^A (CFAP_{a,t} * PCNP_{a,t}) - PC_t \right) * FECFDLB_t \quad (\text{Ec. 6})$$

Variable	Unidades	Descripción
ECFDLB_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisión de combustibles fósiles desplazados por combustibles alternativos o combustibles fósiles con menor emisión de carbono en el año t del escenario de línea base.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/I-ER_CMP.
CFAP_a,t	t	Consumo de combustible alternativo o fósil menos intensivo en carbono de la clase o tipo a en el año t del escenario de proyecto.
a	NA	Índice de la clase o tipo de combustible alternativo o fósil menos intensivo en carbono.
PCNP_a,t	t	Poder calorífico neto de la clase o tipo de combustible alternativo o fósil menos intensivo en carbono de la clase a, en el año t del escenario de proyecto.
PC_t	GJ	Penalización por combustible en el año t.
FECFDLB_t	t-CO <sub>2</sub> e/GJ	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> e para los combustibles fósiles desplazados por el uso de combustibles alternativos o combustibles fósiles bajos en carbono en el año t del escenario de línea base.

Para la estimación del factor de emisión de CO<sub>2</sub> del escenario de línea base, se toma el más bajo que se obtenga de las siguientes opciones:

Promedio ponderado de los combustibles fósiles consumidos durante los últimos tres años antes del inicio de la actividad del proyecto:

$$FECFDLB_t = \frac{\sum_{c=1}^C (CCFP_{c,x-2} + CCFP_{c,x-1} + CCFP_{c,x}) * PCNLB_{c,x} * FECF_t}{\sum_{c=1}^C (CCFP_{c,x-2} + CCFP_{c,x-1} + CCFP_{c,x}) * PCNLB_{c,x}} \quad (\text{Ec. 7})$$

	Unidades	Descripción
FECFDLB_t	t-CO <sub>2</sub> e/GJ	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> e para los combustibles fósiles desplazados por el uso de combustibles alternativos o combustibles fósiles bajos en carbono en el año t del escenario de línea base.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/I-ER_CMP.
CCFP_c,x	t	Consumo de combustible fósil de la clase c en el año base.
c	NA	Índice de la clase o tipo de combustible.
x	NA	Año anterior al inicio de la actividad del proyecto
PCNLB_c,x	GJ/t	Poder calorífico neto de la clase o tipo de combustible c en el año x del escenario de línea base.
FECF_t	t-CO <sub>2</sub> e/GJ	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> e para el combustible fósil en el año t.
C	NA	Cantidad total de combustibles.

Promedio anual ponderado de los combustibles fósiles que no son combustibles fósiles bajos en carbono y que se utilizan en la planta del proyecto en el año t:

$$FECFDLB_t = \frac{\sum_{c=1}^C CFP_{c,t} * PCNLB_{c,t} * FECF_{c,t}}{\sum_{c=1}^C CFP_{c,t} * PCNLB_{c,t}} \quad (\text{Ec. 8})$$

Variable	Unidades	Descripción
FECFDLB_t	t-CO <sub>2</sub> e/GJ	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> e para los combustibles fósiles desplazados por el uso de combustibles alternativos o combustibles fósiles bajos en carbono en el año t del escenario de línea base.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/I-ER_CMP.
CFP_c,t	t	Consumo de combustible fósil de la clase c en el año t del escenario de proyecto.
c	NA	Índice de la clase o tipo de combustible.
PCNLB_c,t	GJ/t	Poder calorífico neto de la clase o tipo de combustible c en el año t del escenario de línea base.

Variable	Unidades	Descripción
FECF <sub>c,t</sub>	t-CO <sub>2</sub> e/GJ	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> e para el combustible fósil de la clase c en el año t.
C	NA	Cantidad total de combustibles.

1. Si se cuenta con una mezcla de combustibles fósiles, el factor de emisión de CO<sub>2</sub> sería el promedio ponderado anual para los combustibles fósiles que se habrían consumido, de acuerdo con la mezcla de combustibles:

$$FECFDLB_t = \frac{\sum_{c=1}^C CFLB_{c,t} * PCNLB_{c,t} * FECF_{c,t}}{\sum_{c=1}^C CFLB_{c,t} * PCNLB_{c,t}} \quad (\text{Ec. 9})$$

Variable	Unidades	Descripción
FECFDLB <sub>t</sub>	t-CO <sub>2</sub> e/GJ	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> e para los combustibles fósiles desplazados por el uso de combustibles alternativos o combustibles fósiles bajos en carbono en el año t del escenario de línea base.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/I-ER_CMP.
CFLB <sub>c,t</sub>	t	Consumo de combustible fósil de la clase c en el año t del escenario de línea base.
c	NA	Índice de la clase o tipo de combustible.
PCNLB <sub>c,t</sub>	GJ/t	Poder calorífico neto de la clase o tipo de combustible c en el año t del escenario de línea base.
FECF <sub>c,t</sub>	t-CO <sub>2</sub> e/GJ	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> e para el combustible fósil de la clase c en el año t.
C	NA	Cantidad total de combustibles.

### **Paso 3: Calcular las emisiones de línea base por descomposición, vertido o quema de residuos de biomasa**

El cálculo de las emisiones de CH<sub>4</sub> del escenario de la línea base, a partir de residuos de biomasa vertidos, que se dejan descomponer o quemar de manera incontrolada sin utilizarlos con fines energéticos depende del escenario de línea base aplicable. Las emisiones del escenario de línea base por descomposición, vertido o quema de residuos de biomasa se calculan como sigue:

$$EMEQBLB_t = EMEDALB_t + EMDAP_t \quad (\text{Ec. 10})$$

Variable	Unidades	Descripción
EMEQBLB_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de metano no causadas por evitar la eliminación y la quema incontrolada de residuos de biomasa en el año t del escenario de proyecto.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/I-ER_CMP.
EMEDALB_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de metano evitadas por descomposición aeróbica en el año t del escenario de proyecto.
EMDAP_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de metano evitadas por descomposición anaeróbica en el año t del escenario de proyecto.

Para determinar el factor de emisión de CH<sub>4</sub>, los participantes del proyecto pueden realizar mediciones o utilizar valores predeterminados de referencia. En ausencia de información más precisa, se recomienda utilizar 0,0027 tCH<sub>4</sub> por tonelada de biomasa por defecto.

### 6.3.2 Proyectos que emplean materias primas menos contaminantes

De acuerdo con la Metodología *Large-scale Consolidated Methodology - Emission reductions from raw material switch in clinker production* – ACM0015. Para calcular el escenario de línea base se emplea la siguiente fórmula (UNFCCC, 2014):

$$ELB_t = ECALLB_t + ECCCLB_t + EEPLB_t + ECCSMPLB_t + ECECLLB_t \quad (\text{Ec. 11})$$

Variable	Unidades	Descripción
ELB_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones totales de CO <sub>2</sub> e en el año t del escenario de línea base.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/I-ER_CMP.
ECALLB_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por calcinación de CaCO <sub>3</sub> y MgCO <sub>3</sub> en el año t del escenario de línea base.
ECCCLB_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por consumo de combustibles en la producción de clínker en el año t del escenario de línea base.
EEPLB_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por polvo desechado del sistema de unidades de derivación y eliminación de polvo en el año t del escenario de línea base.
ECCSMPLB_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por consumo de combustibles de la clase c por secado de materias primas o preparación de combustible en el año t del escenario de línea base.
ECECLLB_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por consumo de electricidad para la producción de clínker en el año t del escenario de línea base.

Para la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> resultantes del proceso de calcinación, solo se considera la proporción de óxidos de calcio (CaO) y óxidos de magnesio (MgO), presentes en el clínker producido. Se deben utilizar los valores medidos de los contenidos de CaO y MgO, corregidos por las fuentes no

carbonatadas (por ejemplo, deduciendo cualquier calcio que provenga del uso de silicatos de calcio o cenizas volantes utilizadas como materias primas). Las emisiones de CO<sub>2</sub> de la calcinación con corrección para fuentes distintas de carbonatos se determinan de la siguiente manera:

$$ECALLB_t = \frac{PACLP_t}{PACLLB_t} * (0,785 * (CAOCLLB * PACLLB_t - CAOMPLB * CMPLB) + 1,092 * (MGCLLB * PACLLB_t - MGOMPLB * CMPLB)) \quad (\text{Ec. 12})$$

Variable	Unidades	Descripción
ECALLB_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por calcinación de CaCO <sub>3</sub> y MgCO <sub>3</sub> en el año t del escenario de línea base.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/I-ER_CMP.
PACLP_t	t	Producción de clínker en el año t del escenario de proyecto.
PACLLB_t	t	Producción de clínker en el año t del escenario de línea base.
0,785	NA	Factor de emisión estequiométrico de CaO (tCO <sub>2</sub> /t de CaO).
CAOCLLB	NA	Fracción de CaO en el clínker en el año t del escenario de línea base.
CAOMPLB	NA	Fracción de CaO no carbonatado en las materias primas en el año t del escenario de línea base.
1,092	NA	Factor de emisión estequiométrico de MgO (tCO <sub>2</sub> /t de MgO).
CMPLB	t	Consumo de materias primas no carbonatadas en el año t del escenario de línea base.
MGCLLB	NA	Fracción de MgO en el clínker en el año t del escenario de línea base.
MGOMPLB	NA	Fracción de MgO no carbonatado en las materias primas en el año t del escenario de línea base.

Para calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con el consumo de combustible del horno, se utilizan valores de rendimiento de consumo de energía históricos.

$$ECCCLB_t = CCEHLB * \frac{\sum_{c=1}^c (CCCLB_{c,t} * PCNLB_c * FECFDP_c)}{\sum_{c=1}^c (CCCLB_{c,t} * PCNLB_c)} \quad (\text{Ec. 13})$$

Variable	Unidades	Descripción
ECCCLB_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por consumo de combustibles en la producción de clínker en el año t del escenario de línea base.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/I-ER_CMP.
CCEHLB	GJ/t	Consumo calorífico específico del horno por tonelada de clínker en el escenario de línea base.

Variable	Unidades	Descripción
CCCLB_c,t	t	Consumo de combustible fósil de la clase c para la calcinación en la producción de clínker en el año t del escenario de línea base.
c	NA	Índice de la clase o tipo de combustible.
PCNLB_c	GJ/t	Poder calorífico neto de la clase o tipo de combustible c del escenario de línea base.
C	NA	Cantidad total de combustibles.
FECFDP_c	t-CO <sub>2</sub> e/GJ	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> e para los combustibles fósiles de la clase c desplazados por el uso de combustibles alternativos o combustibles fósiles bajos en carbono en el año t del escenario de proyecto.

En caso de tener polvo desechado, que sale del sistema del horno desde la unidad de derivación y desempolvado (CKD por sus siglas en inglés), las emisiones del escenario de línea base se deben determinar de la siguiente manera:

$$EEPLB_t = \frac{(FECLB * PBHLB_t) + \frac{FECLB * TCCKDLB}{(FECLB * (1 - TCCKDLB) + 1)} * PCKDLB}{PACLLB_t} * PACLP_t \quad (\text{Ec. 14})$$

Variable	Unidades	Descripción
EEPLB_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por polvo desechado del sistema de unidades de derivación y eliminación de polvo en el año t del escenario de línea base.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/I-ER_CMP.
FECLB	NA	Factor de emisiones de calcinación por reacción de descarbonización y consumo de combustible en la producción de clínker del escenario de línea base (tCO <sub>2</sub> /t clínker).
PBHLB_t	t	Producción de polvo de <i>bypass</i> que sale del sistema de horno en el año t del escenario de línea base.
TCCKDLB	NA	Tasa de calcinación de CKD (CO <sub>2</sub> e liberado expresado como una fracción del CO <sub>2</sub> e carbonatado total en las materias primas) en el año t del escenario de línea base.
PCKDLB	t	Producción de polvo de CKD que sale del sistema de horno en el año t del escenario de línea base.
PACLLB_t	t	Producción de clínker en el año t del escenario de línea base.
PACLP_t	t	Producción de clínker en el año t del escenario de proyecto.

Para calcular el factor de emisiones de calcinación del escenario de línea base debido tanto a la reacción de descarbonización como al consumo de combustible en la producción de clínker (tCO<sub>2</sub>/t clínker), se tiene:

$$FECLB = \frac{ECALLB_t + ECCCLB_t}{PACLLB_t} \quad (\text{Ec. 15})$$

Variable	Unidades	Descripción
FECLB	NA	Factor de emisiones de calcinación por reacción de descarbonización y consumo de combustible en la producción de clínker del escenario de línea base (tCO <sub>2</sub> /t clínker).
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/I-ER_CMP.
ECALLB_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por calcinación de CaCO <sub>3</sub> y MgCO <sub>3</sub> en el año t del escenario de línea base.
ECCCLB_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por consumo de combustibles en la producción de clínker en el año t del escenario de línea base.
PACLLB_t	t	Producción de clínker en el año t del escenario de línea base.

En cuanto a las emisiones de línea base derivadas del consumo de combustible para el secado de materia prima o preparación de combustible, se tiene:

$$ECCSMPLB_t = \frac{\sum_{c=1}^C (CFSMP_c * PCNCF_c * FECO2CFLB_{c,t})}{PACLLB_t} * PACLP_t \quad (\text{Ec. 16})$$

Variable	Unidades	Descripción
ECCSMPLB_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por consumo de combustibles de la clase c por secado de materias primas o preparación de combustible en el año t del escenario de línea base.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/I-ER_CMP.
CFSMLB_c	t	Consumo de combustible fósil de la clase c para secado de materias primas o preparación de combustible en el año t del escenario de línea base.
c	NA	Índice de la clase o tipo de combustible.
PCNCF_c	GJ/t	Poder calorífico neto de la clase o tipo de combustible c.
FECO2CFLB_c,t	t-CO <sub>2</sub> e/GJ	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> e para la clase de combustible c en el año t del escenario de línea base.
PACLLB_t	t	Producción de clínker en el año t del escenario de línea base.
PACLP_t	t	Producción de clínker en el año t del escenario de proyecto.
C	NA	Cantidad total de combustibles.

Finalmente, para realizar el cálculo de las emisiones generadas por el consumo de electricidad, se tiene:

$$ECECLLB_t = \frac{ERCELB_t}{PACLLB_t} * PACLP_t \quad (\text{Ec. 17})$$

Variable	Unidades	Descripción
ECECLLB_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por consumo de electricidad para la producción de clínker en el año t del escenario de línea base.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/I-ER_CMP.
ERCELB_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por consumo eléctrico en el año t del escenario de línea base.
PACLLB_t	t	Producción de clínker en el año t del escenario de línea base.
PACLP_t	t	Producción de clínker en el año t del escenario de proyecto.

Es importante incluir el consumo de electricidad de cada fuente relevante (molienda de materia prima, alimentación de combustible y operación del horno); este debe ser monitoreado y resumido en las cuantificaciones realizadas.

## 7 Escenario de proyecto

### 7.1 Fuentes de emisión de GEI en proyectos que emplean como fuente de combustible FNCER

En este tipo de proyectos se incluyen: las emisiones derivadas del uso de FNCER o combustibles fósiles bajos en carbono, las emisiones del proyecto derivadas del consumo adicional de electricidad o combustibles fósiles como resultado de la actividad del proyecto, la estimación de las emisiones de la combustión de combustibles fósiles para el transporte de combustibles alternativos a la planta del proyecto y, si corresponde, la estimación de las emisiones del cultivo de biomasa renovable en la plantación dedicada (UNFCCC, 2013). Las fuentes de emisión que se van a considerar se describen a continuación:

**Tabla 3.** Fuentes de emisión consideradas en el escenario del proyecto de FNCER

Fuente	GEI	Incluido	Explicación
<b>Emisiones derivadas del uso de FNCER o combustibles fósiles menos intensivos en carbono</b>	CO <sub>2</sub>	Sí	Principal fuente de emisión
	CH <sub>4</sub>	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
	N <sub>2</sub> O	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
<b>Emisiones por consumo adicional de electricidad o combustibles fósiles como resultado de la actividad del proyecto</b>	CO <sub>2</sub>	Sí	Puede ser una fuente de emisión significativa
	CH <sub>4</sub>	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
	N <sub>2</sub> O	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
<b>Emisiones por combustión de combustibles fósiles para el transporte de combustibles alternativos a la planta del proyecto</b>	CO <sub>2</sub>	Sí	Puede ser una fuente de emisión significativa
	CH <sub>4</sub>	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
	N <sub>2</sub> O	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
<b>Emisiones del cultivo de biomasa renovable en plantación dedicada</b>	CO <sub>2</sub>	Sí	Puede ser una fuente de emisión significativa, por ejemplo, de la combustión de combustibles fósiles
	CH <sub>4</sub>	Sí	Puede ser una fuente de emisión significativa, por ejemplo, en caso de quema de biomasa en el campo
	N <sub>2</sub> O	Sí	Puede ser una fuente de emisión significativa, por ejemplo, en la aplicación de fertilizantes

Los pasos que se deben seguir para realizar la cuantificación son los siguientes:

$$EP_t = EPCA_t + ECACFP_t + CAEP_t + TCA_t + ECB \quad (\text{Ec. 18})$$

Variable	Unidades	Descripción
EP_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones totales de CO <sub>2</sub> e en el año t del escenario de proyecto.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/I-ER_CMP.
EPCA_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por combustibles alternativos/menos intensivos en carbono en el año t del escenario de proyecto.
ECACFP_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por combustión adicional de combustibles fósiles en el año t del escenario de proyecto.
CAEP_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por consumo adicional de electricidad en el año t del escenario de proyecto.
TCA_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por transporte de combustibles alternativos a la planta en el año t del escenario de proyecto.
ECB	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por cultivo de biomasa para producción de energía en el año t del escenario de proyecto.

Para calcular las emisiones generadas por el proyecto, se deben seguir los siguientes pasos (UNFCCC, 2013):

**Paso 1: Calcular las emisiones del proyecto derivadas del uso de combustibles alternativos o combustibles fósiles bajos en carbono**

$$EPCA_t = \sum_{a=1}^A CFAP_{a,t} * FECO2CA_{a,t} * PCN_{a,t} \quad (\text{Ec. 19})$$

Variable	Unidades	Descripción
EPCA_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por combustibles alternativos/menos intensivos en carbono en el año t del escenario de proyecto.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/I-ER_CMP.
CFAP_a,t	t	Consumo de combustible alternativo o fósil menos intensivo en carbono de la clase o tipo a en el año t del escenario de proyecto.
a	NA	Índice de la clase o tipo de combustible alternativo o fósil menos intensivo en carbono.
FECO2CA_a,t	NA	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> e para la clase de combustible fósil alternativo o bajo en carbono a en el año t.

Variable	Unidades	Descripción
PCN_a,t	GJ/t	Poder calorífico neto del tipo de combustible fósil alternativo o bajo en carbono de la clase a en el año t.
A	NA	Cantidad total de clases o tipos de combustible alternativo o fósil menos intensivos en carbono.

### **Paso 2: Calcular las emisiones del proyecto a partir del consumo adicional de electricidad y/o combustibles fósiles como resultado de la actividad del proyecto**

El uso de combustibles alternativos o combustibles fósiles bajos en carbono puede resultar en un consumo adicional de combustibles fósiles o electricidad en el sitio del proyecto o fuera del mismo. Esto puede incluir, entre otras, las siguientes fuentes de emisión:

- Secado o tratamiento mecánico de los combustibles
- Transporte *in situ* de los combustibles
- Tratamiento de gases de combustión requerido como resultado de la actividad del proyecto

Se deben identificar todas las fuentes de emisión relevantes para la combustión adicional de combustible y la generación de electricidad y, si corresponde, explicar cualquier cambio en los informes de monitoreo.

Igualmente, las emisiones de CO<sub>2</sub> de la combustión *in situ* de combustibles fósiles deben calcularse utilizando la última versión aprobada de la “Herramienta para calcular las emisiones de CO<sub>2</sub> de proyectos o fugas de la combustión de combustibles fósiles. Para cada fuente de emisión de combustibles fósiles, se debe monitorear el consumo de combustible de cada tipo de combustible. Lo mismo es aplicable para las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del consumo de electricidad en el sitio del proyecto.

### **Paso 3: Emisiones del proyecto derivadas de la combustión de combustibles fósiles para el transporte de combustibles alternativos a la planta del proyecto**

Se deben determinar las emisiones de CO<sub>2</sub> resultantes del transporte de combustibles alternativos a la planta del proyecto. En muchos casos, el transporte se realiza mediante vehículos y estas emisiones deben ser cuantificadas.

### **Paso 4: Calcular las emisiones del proyecto derivadas del cultivo de biomasa renovable en una plantación dedicada**

Cuando se utilice biomasa renovable de una plantación dedicada como combustible alternativo, las emisiones del proyecto derivadas del cultivo de la biomasa renovable se deben calcular de acuerdo con la última versión de la herramienta metodológica “Emisiones del proyecto del cultivo de biomasa” (UNFCCC, 2013).

## **7.2 Fuentes de emisión de GEI en proyectos que emplean materias primas menos contaminantes**

Las fuentes de emisión por considerar en los proyectos que utilicen materias primas menos contaminantes se describen a continuación (WBCSD, 2011):

**Tabla 4.** Fuentes de emisión consideradas en el escenario del proyecto de uso de materias primas menos contaminantes

<b>Fuente</b>	<b>GEI</b>	<b>Incluido</b>	<b>Explicación</b>
<b>Calcinación de materias primas</b>	CO <sub>2</sub>	Sí	Emisión directa del horno de clínker. Incluye efectos para sistemas de producción <i>By-pass</i> y polvo de horno de clínker
	CH <sub>4</sub>	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
	N <sub>2</sub> O	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
<b>Emisiones por consumo adicional de electricidad o combustibles fósiles como resultado de la actividad del proyecto</b>	CO <sub>2</sub>	Sí	Puede ser una fuente de emisión significativa
	CH <sub>4</sub>	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
	N <sub>2</sub> O	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
<b>Uso de combustibles en el horno, incluido el quemador principal y el precalcinador (fósiles, fósiles alternativos y no fósiles)</b>	CO <sub>2</sub>	Sí	Emisión directa del horno de clínker
	CH <sub>4</sub>	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
	N <sub>2</sub> O	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
<b>Uso de combustibles para la preparación de materias primas y combustibles alternativos (por ejemplo, secado de materiales o combustibles utilizando secadores externos)</b>	CO <sub>2</sub>	Sí	Solo si el nuevo material tuviera un componente específico de consumo de combustible para la adaptación del material, por ejemplo, secado
	CH <sub>4</sub>	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
	N <sub>2</sub> O	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
<b>Uso de electricidad (red y autogenerada) para la preparación de materias primas y combustibles, y para la operación de equipos relacionados con el horno (motores, compresores, ventiladores, etc.)</b>	CO <sub>2</sub>	Sí	Cambios en el sistema de alimentación y preparación de materiales.
	CH <sub>4</sub>	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar
	N <sub>2</sub> O	Opcional	Emisiones insignificantes, excluidas para simplificar

Para calcular las emisiones generadas por el proyecto se tiene lo siguiente (UNFCCC, 2014):

$$EP_t = ECP_t + ECCLP_t + EEPP_t + ESMP_t + ECECLP_t \quad (\text{Ec. 20})$$

Variable	Unidades	Descripción
EP_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones totales de CO <sub>2</sub> e en el año t del escenario de proyecto.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/I-ER_CMP.
ECP_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por calcinación de CaCO <sub>3</sub> y MgCO <sub>3</sub> en el año t del escenario de proyecto.
ECCLP_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por consumo de combustibles para la producción de clínker en el año t del escenario de proyecto.
EEPP_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por polvo desechado del sistema de unidades de derivación y eliminación de polvo en el año t del escenario de proyecto.
ESMP_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por consumo de combustible para el secado de materias primas o preparación de combustible en el año t del escenario de proyecto.
ECECLP_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por consumo de electricidad utilizada para la producción de clínker en el año t del escenario de proyecto.

De acuerdo con la misma Metodología descrita en la sección 6.3.2 del presente documento, para el resto de los componentes se tiene lo siguiente:

$$ECP_t = 0,785 * (FCAOCLP_t * PACLP_t - FCAOMPP_t * CMPP_t) + 1,092 * (FMCLP_t * PACLP_t - FMGMPP_t * CMPP_t) \quad (\text{Ec. 21})$$

Variable	Unidades	Descripción
ECP_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por calcinación de CaCO <sub>3</sub> y MgCO <sub>3</sub> en el año t del escenario de proyecto.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/I-ER_CMP.
0,785	NA	Factor de emisión estequiométrico de CaO (tCO <sub>2</sub> /t de CaO)
FCAOCLP_t	NA	Fracción de CaO en el clínker en el año t del escenario de proyecto.
PACLP_t	t	Producción de clínker en el año t del escenario de proyecto.
FCAOMPP_t	NA	Fracción de CaO no carbonatado en las materias primas en el año t del escenario de proyecto.
CMPP_t	t	Consumo materias primas no carbonatadas en el año t del escenario de proyecto.

Variable	Unidades	Descripción
1,092	NA	Factor de emisión estequiométrico de MgO (tCO <sub>2</sub> /t de MgO)
FMCLP_t	NA	Fracción de MgO en el clínker en el año t del escenario de proyecto.
FMGMPP_t	NA	Fracción de MgO no carbonatado en el año t del escenario de proyecto.

$$EPCLP_t = CCEHP * \frac{\sum_{c=1}^C (CCCLB_{c,t} * PCNCF_c * FECO2CFLB_{c,t})}{\sum_{c=1}^C (CCCLB_{c,t} * PCNCF_c)} \quad (\text{Ec. 22})$$

Variable	Unidades	Descripción
EPCLP_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por combustión en la producción de clínker en el año t del escenario de proyecto.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/I-ER_CMP.
CCEHP_t	GJ/t	Consumo Calorífico Específico del Horno en el año t del escenario de proyecto (GJ/t de clínker).
c	NA	Índice de la clase o tipo de combustible.
CCCLB_c,t	t	Consumo de combustible fósil de la clase c para la calcinación en la producción de clínker en el año t del escenario de línea base.
PCNCF_c	GJ/t	Poder calorífico neto de la clase o tipo de combustible c.
FECO2CFLB_c,t	t-CO <sub>2</sub> e/GJ	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> e para la clase de combustible c en el año t del escenario de línea base.
C	NA	Cantidad total de combustibles.

$$EEPP_t = (FCDCP_t * PBHP_t) + \frac{FCDCP_t * TCCKDP_t}{(FCDCP_t * (1 - TCCKDP_t) + 1)} * PCKDP_t \quad (\text{Ec. 23})$$

Variable	Unidades	Descripción
EEPP_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por polvo desechado del sistema de unidades de derivación y eliminación de polvo en el año t del escenario de proyecto.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/IER_CMP.
FCDCP_t	NA	Factor de calcinación debido a la reacción de descarbonización y al consumo de combustible en la producción de clínker en el año t del escenario de proyecto (tCO <sub>2</sub> e / t clínker).
PBHP_t	t	Producción de polvo de <i>bypass</i> que sale del sistema de horno en el año t del escenario de proyecto.

Variable	Unidades	Descripción
PCKDP_t	t	Producción de polvo de CKD que sale del sistema de horno en el año t del escenario de proyecto.
TCKKDP_t	NA	Tasa de calcinación de CKD (CO <sub>2</sub> e liberado expresado como una fracción del CO <sub>2</sub> e carbonatado total en las materias primas) en el año t del escenario de proyecto.

$$FCDCP_t = \frac{ECALP_t + EPCLP_t}{PACLP_t} \quad (\text{Ec. 24})$$

Variable	Unidades	Descripción
FCDCP_t	NA	Factor de calcinación debido a la reacción de descarbonización y al consumo de combustible en la producción de clínker en el año t del escenario de proyecto (tCO <sub>2</sub> e / t clínker).
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/IER_CMP.
ECALP_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por calcinación de CaCO <sub>3</sub> y MgCO <sub>3</sub> en el año t del escenario de proyecto.
EPCLP_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por combustión en la producción de clínker en el año t del escenario de proyecto.
PACLP_t	t	Producción de clínker en el año t del escenario de proyecto.

$$ECCSMPP_t = \sum_{c=1}^c (ECCSMPP_{c,t} * PCNCF_c * FECO2FLB_{c,t}) \quad (\text{Ec. 25})$$

Variable	Unidades	Descripción
ECCSMPP_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por consumo de combustibles por secado de materias primas o preparación de combustible en el año t del escenario de proyecto.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/IER_CMP.
ECCSMPP_c,t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por consumo de combustibles de la clase c por secado de materias primas o preparación de combustible en el año t del escenario de proyecto.
c	NA	Índice de la clase o tipo de combustible.
PCNCF_c	GJ/t	Poder calorífico neto de la clase o tipo de combustible c.
FECO2FLB_c,t	t-CO <sub>2</sub> e/GJ	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> e para la clase de combustible c en el año t del escenario de línea base.
C	NA	Cantidad total de combustibles.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de electricidad se deben calcular utilizando la última versión aprobada de la "Herramienta para calcular la línea de base, el proyecto o la fuga de emisiones por consumo eléctrico". El consumo de electricidad de cada fuente relevante (molienda de materia prima, alimentación de combustible y funcionamiento del horno) debe monitorearse y sumarse a la cuantificación para las actividades del proyecto donde las medidas de eficiencia energética son adicionales a los valores reales medidos que se utilizarán en el cálculo de las emisiones del proyecto. Para las actividades del proyecto en las que no se implementan medidas de eficiencia energética o no se agregan al ECPJ será el máximo entre el valor medido en el proyecto y la línea de base (UNFCCC, 2014).

$$CELEC = MAX(ERCELB_t, CAEP_t) \quad (\text{Ec. 26})$$

Variable	Unidades	Descripción
CELEC	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por consumo de electricidad.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/IER_CMP.
ERCELB_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones reducidas de CO <sub>2</sub> e por la implementación del proyecto en el año t.
CAEP_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por consumo adicional de electricidad en el año t del escenario de proyecto.

### 7.3 Fugas

Para los proyectos que empleen FNCER o combustibles fósiles con menor intensidad de carbono, se debe considerar que las fugas pueden resultar de la extracción, el procesamiento, la licuefacción, el transporte, la regasificación y la distribución de combustibles fósiles fuera de los límites del proyecto. Esto incluye principalmente las emisiones fugitivas de CH<sub>4</sub> y las emisiones de CO<sub>2</sub> de la combustión y quema de combustibles asociados. Cuando los efectos de fuga neta total de las emisiones son negativos, se puede considerar que el proyecto no tiene fugas.

En lo referente a los proyectos que emplean materias primas menos contaminantes, se pueden tener fugas de los siguientes procesos:

- Por cualquier incremento en el transporte de materia prima de clínker (piedra caliza, arcilla y mineral de hierro), combustibles (combustibles fósiles y combustibles alternativos) y nuevos materiales alternativos (escoria de alto horno, cenizas volantes, cenizas residuales de la quema de combustibles en centrales térmicas), yeso, entre otros) desde ubicaciones fuera del sitio hasta el sitio de la planta del proyecto. No se debe contabilizar ninguna disminución de las emisiones relacionadas con el transporte de las materias primas de clínker existentes y el cambio de combustibles (UNFCCC, 2014).
- En emisiones del consumo de electricidad de la red para el sistema de transporte para materiales alternativos donde se instala un nuevo sistema de transporte, debido a la actividad del proyecto y el consumo no se incluye en la sección de emisiones del proyecto (UNFCCC, 2014).
- En caso de que el consumo de electricidad en la molienda, preparación y alimentación de materia prima de cemento para la producción de cemento mezclado, debido a efectos indirectos del cambio de las condiciones del clínker en la producción (es decir, el clínker podría ser más difícil de moler; por tanto, la molienda necesita más consumo de electricidad para producir la misma calidad de cemento mezclado de práctica común) (UNFCCC, 2014).

- Por cambios en la proporción de clínker en la producción de cemento debido a los mismos efectos de los cambios potenciales en la condición física y mineralógica del clínker, en la práctica común de producción de cemento mezclado (es decir, los participantes del proyecto podrían necesitar más o menos clínker para producir la misma calidad del cemento mezclado de práctica común) (UNFCCC, 2014).

## 8 Cuantificación de resultados

Una vez se han cumplido los pasos anteriores y se cuenta con la cuantificación de emisiones generadas en el escenario de línea base junto con las generadas por la realización del proyecto de mitigación definido (reemplazo de materias primas por unas menos contaminantes o uso de FNCER), se procede a cuantificar las reducciones de GEI generadas por la implementación del proyecto. Es importante recordar que, para la industria cementera, estas reducciones se reportarán sólo en relación con la mitigación de CO<sub>2</sub>, debido a que es este gas el contaminante más representativo del sector.

La cuantificación de la reducción generada sería:

$$ERCEP_t = ELB_t - EP_t \quad (\text{Ec. 27})$$

Variable	Unidades	Descripción
ERCEP_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones reducidas de CO <sub>2</sub> e por la implementación del proyecto en el año t.
t	Meses o años	Índice del período del PR-GEI/IER_CMP.
ELB_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones totales de CO <sub>2</sub> e en el año t del escenario de línea base.
EP_t	t-CO <sub>2</sub> e	Emisiones totales de CO <sub>2</sub> e en el año t del escenario de proyecto.

## 9 Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) del PR\_GEI/I-ER\_CMP

### 9.1 Monitoreo

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

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

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

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

- a) propósito del monitoreo,
- b) lista de parámetros medidos y monitoreados,
- c) tipos de datos e información por reportar, incluyendo unidades de medida,
- d) origen de los datos,
- e) metodologías de monitoreo (estimación, modelado o medición), enfoques de cálculo e incertidumbre. En caso de medición establecer o incluirlos protocolos de calibración y mantenimiento de equipos de medición, según corresponda,
- f) frecuencia de monitoreo, considerando las necesidades de las partes interesadas,
- g) definición de roles y responsabilidades, incluidos los procedimientos para autorizar, aprobar y documentar cambios a los datos registrados,
- h) controles que incluyan evaluación interna de datos de entrada, transformación y salida, y procedimientos para acciones correctivas,
- i) sistemas de gestión de información de GEI, incluida la ubicación y retención de datos almacenados y la gestión de datos que incluya un procedimiento para la transferencia de datos entre diferentes formas de sistemas o documentación,
- j) reporte de monitoreo.

Dentro de los datos por monitorear en un proyecto de uso de FNCER se tendrían (UNFCCC, 2013):

<b>Dato/Parámetro</b>	<b>CFAP<sub>a,t</sub>; CFP<sub>c,t</sub></b>
<b>Unidades</b>	Unidades de masa o volumen
<b>Descripción</b>	Consumo de combustible alternativo/menos intensivo en carbono de la clase de combustible a en el año t del escenario de proyecto (CFAP <sub>a,t</sub> ). Consumo de combustible fósil de la clase c en el año t del escenario de proyecto CFP <sub>c,t</sub>

<b>Fuente del dato</b>	Mediciones
<b>Procedimientos de medición</b>	<p>Utilice medidores de masa o volumen.</p> <p>La consistencia de las cantidades medidas de consumo de combustible debe verificarse mediante un balance energético anual que se base en las cantidades compradas y los cambios de existencias.</p> <p>Cuando las facturas de combustible comprado puedan identificarse específicamente para el proyecto MDL, las cantidades de consumo de combustible medido también deben verificarse con las facturas de compra disponibles de los registros financieros.</p>
<b>Frecuencia de monitoreo</b>	Registrado continuamente y agregado al menos anualmente.

<b>Dato/Parámetro</b>	<b>FECO2CA_a,t; FECF_c,t</b>											
<b>Unidades</b>	t CO <sub>2</sub> /GJ											
<b>Descripción</b>	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> e para la clase de combustible fósil alternativo o bajo en carbono a en el año t (FECO2CA_a,t) y factor de emisión de CO <sub>2</sub> e para el combustible fósil de la clase c en el año t (FECF_c,t).											
<b>Fuente del dato</b>	<p>Para los combustibles fósiles y los desechos que se originan en fuentes fósiles identificados en el escenario de línea base más probable, se deben utilizar las siguientes fuentes de datos:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><b>Fuente de dato</b></th> <th><b>Condiciones de uso de la fuente de datos</b></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a. Valores proporcionados por el proveedor de combustible en facturas</td> <td>Esta es la fuente recomendada</td> </tr> <tr> <td>b. Mediciones de los participantes del proyecto</td> <td>Si a. no está disponible</td> </tr> <tr> <td>c. Valores predeterminados regionales o nacionales</td> <td>Si a. no está disponible Estas fuentes solo pueden utilizarse para combustibles líquidos y deben basarse en fuentes fiables y bien documentadas (como los balances energéticos nacionales).</td> </tr> <tr> <td>d. Los valores por defecto del IPCC en el límite superior / inferior<sup>6</sup> de la incertidumbre en un intervalo de confianza del 95 %, como se indica en la tabla 1.4 del Capítulo 1 del Vol. 2 (Energía) de las Directrices del</td> <td>Si a. no está disponible</td> </tr> </tbody> </table>		<b>Fuente de dato</b>	<b>Condiciones de uso de la fuente de datos</b>	a. Valores proporcionados por el proveedor de combustible en facturas	Esta es la fuente recomendada	b. Mediciones de los participantes del proyecto	Si a. no está disponible	c. Valores predeterminados regionales o nacionales	Si a. no está disponible Estas fuentes solo pueden utilizarse para combustibles líquidos y deben basarse en fuentes fiables y bien documentadas (como los balances energéticos nacionales).	d. Los valores por defecto del IPCC en el límite superior / inferior <sup>6</sup> de la incertidumbre en un intervalo de confianza del 95 %, como se indica en la tabla 1.4 del Capítulo 1 del Vol. 2 (Energía) de las Directrices del	Si a. no está disponible
<b>Fuente de dato</b>	<b>Condiciones de uso de la fuente de datos</b>											
a. Valores proporcionados por el proveedor de combustible en facturas	Esta es la fuente recomendada											
b. Mediciones de los participantes del proyecto	Si a. no está disponible											
c. Valores predeterminados regionales o nacionales	Si a. no está disponible Estas fuentes solo pueden utilizarse para combustibles líquidos y deben basarse en fuentes fiables y bien documentadas (como los balances energéticos nacionales).											
d. Los valores por defecto del IPCC en el límite superior / inferior <sup>6</sup> de la incertidumbre en un intervalo de confianza del 95 %, como se indica en la tabla 1.4 del Capítulo 1 del Vol. 2 (Energía) de las Directrices del	Si a. no está disponible											

<sup>6</sup> Para ser conservador, elija el límite superior donde se calculan las emisiones del proyecto y el límite inferior donde se calculan las emisiones de línea de base.

	<p>IPCC de 2006 sobre los inventarios nacionales de GEI</p> <p>FECO2CA<sub>a,t</sub> es cero para los siguientes combustibles alternativos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Desechos que se originan en fuentes fósiles</li> <li>➤ Residuos de biomasa</li> <li>➤ Biomasa renovable<sup>7</sup></li> </ul>
<b>Procedimientos de medición</b>	Para a. y b.: Las mediciones deben realizarse de acuerdo con las normas nacionales o internacionales sobre combustibles.
<b>Frecuencia de monitoreo</b>	<p>Para a. y b.: debe obtenerse el factor de emisión de CO<sub>2</sub> para cada suministro de combustible, a partir del cual deben calcularse los valores anuales medios ponderados.</p> <p>Para c.: revisar la idoneidad de los valores anualmente.</p> <p>Para d.: cualquier revisión futura de las Directrices del IPCC debe tenerse en cuenta.</p>

<b>Dato/Parámetro</b>	<b>PCN<sub>a,t</sub>; PCNLB<sub>c,t</sub></b>									
<b>Unidades</b>	GJ / unidades de masa o volumen									
<b>Descripción</b>	<p>Poder calorífico neto de la clase o tipo de combustible c en el año t. Poder calorífico neto de la clase o tipo de combustible alternativo o fósil menos intensivo en carbono de la clase a en el año t (PCN<sub>a,t</sub>). Poder calorífico neto de la clase o tipo de combustible c en el año t del escenario de línea base (PCNLB<sub>c,t</sub>).</p>									
<b>Fuente del dato</b>	<p>Se pueden utilizar las siguientes fuentes de datos, si se aplican las condiciones pertinentes:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fuente de Dato</th> <th>Condiciones de uso de la fuente de datos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a. Valores proporcionados por el proveedor de combustible en facturas.</td> <td>Esta es la fuente recomendada.</td> </tr> <tr> <td>b. Mediciones de los participantes del proyecto.</td> <td>Si a. no está disponible.</td> </tr> <tr> <td>c. Valores predeterminados regionales o nacionales.</td> <td>Si a. no está disponible Estas fuentes solo pueden utilizarse para combustibles líquidos y deben basarse en fuentes fiables y bien documentadas (como los balances energéticos nacionales).</td> </tr> </tbody> </table>		Fuente de Dato	Condiciones de uso de la fuente de datos	a. Valores proporcionados por el proveedor de combustible en facturas.	Esta es la fuente recomendada.	b. Mediciones de los participantes del proyecto.	Si a. no está disponible.	c. Valores predeterminados regionales o nacionales.	Si a. no está disponible Estas fuentes solo pueden utilizarse para combustibles líquidos y deben basarse en fuentes fiables y bien documentadas (como los balances energéticos nacionales).
Fuente de Dato	Condiciones de uso de la fuente de datos									
a. Valores proporcionados por el proveedor de combustible en facturas.	Esta es la fuente recomendada.									
b. Mediciones de los participantes del proyecto.	Si a. no está disponible.									
c. Valores predeterminados regionales o nacionales.	Si a. no está disponible Estas fuentes solo pueden utilizarse para combustibles líquidos y deben basarse en fuentes fiables y bien documentadas (como los balances energéticos nacionales).									

<sup>7</sup> En el caso de residuos procedentes de fuentes fósiles y escenario de línea base, los residuos también se quemarían en ausencia de la actividad del proyecto, sin desplazar ningún combustible fósil. En el caso de los residuos de biomasa, se supone que las emisiones de CO<sub>2</sub> de los residuos de biomasa excedentarios no provocan cambios en los depósitos de carbono en el sector AFOLU y que los residuos de biomasa están disponibles en exceso. Si esta condición no se cumple durante el período de acreditación, las emisiones de CO<sub>2</sub> se tienen en cuenta aplicando una penalización por fugas (ver sección de fugas). En el caso de la biomasa renovable, las emisiones del cultivo de la biomasa se estiman por separado.

	d. Los valores por defecto del IPCC, en el límite superior de la incertidumbre con un intervalo de confianza del 95 %, como se indica en la Tabla 1.2 del Capítulo 1 del Vol. 2 (Energía) de las Directrices del IPCC de 2006 sobre los inventarios nacionales de GEI.	Si a. no está disponible Esta fuente solo puede usarse para combustibles fósiles.
<b>Procedimientos de medición</b>	Para a. y b.: las mediciones deben realizarse de acuerdo con las normas nacionales o internacionales sobre combustibles	
<b>Frecuencia de monitoreo</b>	Para a. y b.: el PCN debe obtenerse para cada suministro de combustible, a partir del cual se deben calcular los valores anuales promedio ponderados. Para c.: revisar la idoneidad de los valores anualmente. Para d.: cualquier revisión futura de las Directrices del IPCC debe tenerse en cuenta	

<b>Dato/Parámetro</b>	<b>ECACFP_t</b>
<b>Unidades</b>	t CO <sub>2</sub>
<b>Descripción</b>	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por combustión adicional de combustibles fósiles en el año t del escenario de proyecto
<b>Fuente del dato</b>	Según la "Herramienta para calcular las emisiones de CO <sub>2</sub> del proyecto o las fugas de la combustión de combustibles fósiles" <sup>8</sup>
<b>Procedimientos de medición</b>	Según la "Herramienta para calcular las emisiones de CO <sub>2</sub> del proyecto o las fugas de la combustión de combustibles fósiles"
<b>Frecuencia de monitoreo</b>	Según la "Herramienta para calcular las emisiones de CO <sub>2</sub> del proyecto o las fugas de la combustión de combustibles fósiles"

<b>Dato/Parámetro</b>	<b>CAEP_t</b>
<b>Unidades</b>	t CO <sub>2</sub>
<b>Descripción</b>	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por consumo adicional de electricidad en el año t del escenario de proyecto
<b>Fuente del dato</b>	Según la "Herramienta para calcular las emisiones de línea base, proyecto o fugas del consumo de electricidad" <sup>9</sup>
<b>Procedimientos de medición</b>	Según la "Herramienta para calcular las emisiones de línea base, proyecto o fugas del consumo de electricidad"

<sup>8</sup> Esta Metodología se encuentra en el siguiente enlace <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-03-v3.pdf>

<sup>9</sup> Esta Metodología se encuentra en el siguiente enlace <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-05-v3.0.pdf>

<b>Frecuencia de monitoreo</b>	Según la “Herramienta para calcular las emisiones de línea base, proyecto o fugas del consumo de electricidad”
--------------------------------	--

<b>Dato/Parámetro</b>	<b>EMEQBLB_t</b>
<b>Unidades</b>	t CO <sub>2</sub> e
<b>Descripción</b>	Emisiones de metano no causadas por evitar la eliminación y la quema incontrolada de residuos de biomasa en el año t del escenario de proyecto
<b>Fuente del dato</b>	Según la herramienta metodológica “Emisiones de vertederos de residuos sólidos” <sup>10</sup>
<b>Procedimientos de medición</b>	Según la herramienta metodológica “Emisiones de vertederos de residuos sólidos”
<b>Frecuencia de monitoreo</b>	Según la herramienta metodológica “Emisiones de vertederos de residuos sólidos”

<b>Dato/Parámetro</b>	<b>PCLCVLB_t</b>
<b>Unidades</b>	t
<b>Descripción</b>	Producción de clínker o cal viva en el año t del escenario de línea base
<b>Fuente del dato</b>	Registros de datos de producción en el sitio del proyecto
<b>Procedimientos de medición</b>	Alimentadores de pesaje
<b>Frecuencia de monitoreo</b>	Registrado / calculado e informado mensualmente

<sup>10</sup> Esta Metodología se encuentra en el siguiente enlace <https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/tools/am-tool-04-v8.0.pdf>

<b>Dato/Parámetro</b>	<b>FECFDLB_t</b>
<b>Unidades</b>	t CO <sub>2</sub> /GJ
<b>Descripción</b>	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> e para los combustibles fósiles desplazados por el uso de combustibles alternativos o combustibles fósiles bajos en carbono en el año t del escenario de línea base.
<b>Fuente del dato</b>	Calculado de la siguiente manera como el más bajo de los siguientes factores de emisión de CO <sub>2</sub> : a. El factor de emisión de CO <sub>2</sub> anual promedio ponderado para los combustibles fósiles consumidos y monitoreados <i>ex ante</i> durante los últimos tres años antes del inicio de la actividad del proyecto. b. El factor de emisión de CO <sub>2</sub> anual promedio ponderado de los combustibles fósiles consumidos en la planta del proyecto en el año y que no sean combustibles fósiles menos intensivos en carbono. c. El factor de emisión de CO <sub>2</sub> anual promedio ponderado para los combustibles fósiles que se habrían consumido de acuerdo con la mezcla de combustibles.
<b>Procedimientos de medición</b>	-
<b>Frecuencia de monitoreo</b>	Continuamente, agregado al menos anualmente

<b>Dato/Parámetro</b>	<b>CFAP_c,t</b>
<b>Unidades</b>	t
<b>Descripción</b>	Consumo de combustible fósil de la clase c por el uso de biomasa o combustible alternativo/menos intensivo en carbono en el año t del escenario de proyecto.
<b>Fuente del dato</b>	Mediciones cruzadas con registros de operación
<b>Procedimientos de medición</b>	Use medidores de masa o volumen, cruzados con registros de operación que muestren cuándo se usó una alternativa de combustible menos intensivo en carbono. La consistencia de las cantidades medidas de consumo de combustible debe verificarse mediante un balance energético anual que se base en las cantidades compradas y los cambios de existencias. Cuando las facturas de combustible comprado puedan identificarse específicamente para el proyecto MDL, las cantidades de consumo de combustible medido también deben verificarse con las facturas de compra disponibles de los registros financieros.
<b>Frecuencia de monitoreo</b>	Registrado continuamente y agregado al menos anualmente

Dentro de los datos por monitorear en un proyecto de uso de materias primas menos contaminantes se tendrían (UNFCCC, 2014):

<b>Dato/Parámetro</b>	<b>PBHP_t</b>
<b>Unidades</b>	t
<b>Descripción</b>	Producción de polvo de <i>bypass</i> que sale del sistema de horno en el año t del escenario de proyecto.
<b>Fuente del dato</b>	Se debe medir como parte de las operaciones normales
<b>Procedimientos de medición</b>	Alimentadores de pesaje / Báscula puente
<b>Frecuencia de monitoreo</b>	Mensual

<b>Dato/Parámetro</b>	<b>FCAOCLP_t</b>
<b>Unidades</b>	t CaO/t clínker
<b>Descripción</b>	Fracción de CaO en el clínker en el año t del escenario de proyecto
<b>Fuente del dato</b>	Se debe medir como parte del procedimiento de control de calidad del laboratorio
<b>Procedimientos de medición</b>	Muestreo
<b>Frecuencia de monitoreo</b>	Mensual

<b>Dato/Parámetro</b>	<b>CAOMPLB</b>
<b>Unidades</b>	NA
<b>Descripción</b>	Fracción de CaO no carbonatado en las materias primas del escenario de línea base
<b>Fuente del dato</b>	Se debe medir como parte del procedimiento de control de calidad del laboratorio
<b>Procedimientos de medición</b>	Muestreo
<b>Frecuencia de monitoreo</b>	Mensual

<b>Dato/Parámetro</b>	<b>PCKDP_t</b>
<b>Unidades</b>	t
<b>Descripción</b>	Producción de polvo de CKD que sale del sistema de horno en el año t del escenario de proyecto
<b>Fuente del dato</b>	Se debe medir como parte de las operaciones normales
<b>Procedimientos de medición</b>	Alimentadores de pesaje / Báscula puente

<b>Frecuencia de monitoreo</b>	Mensual
--------------------------------	---------

<b>Dato/Parámetro</b>	<b>PACLP_t</b>
<b>Unidades</b>	t
<b>Descripción</b>	Producción de clínker en el año t del escenario de proyecto
<b>Fuente del dato</b>	Se debe medir con instrumentos de campo y se debe verificar con procedimiento de control de inventarios
<b>Procedimientos de medición</b>	Dosificadores de peso / Control de acopio
<b>Frecuencia de monitoreo</b>	Mensual

<b>Dato/Parámetro</b>	<b><i>Calidad del clínker</i></b>
<b>Unidades</b>	t
<b>Descripción</b>	Especificación de acuerdo con las normas nacionales / internacionales (por ejemplo: factor de saturación de cal, proporción de sílice, proporción de alúmina)
<b>Fuente del dato</b>	Planta de proyecto
<b>Procedimientos de medición</b>	Según estándares nacionales / internacionales
<b>Frecuencia de monitoreo</b>	Mensual

<b>Dato/Parámetro</b>	<b>ECCSMPP_c,t</b>
<b>Unidades</b>	Unidades de masa o volumen
<b>Descripción</b>	Emisiones de CO <sub>2</sub> e por consumo de combustibles de la clase c por secado de materias primas o preparación de combustible en el año t del escenario de proyecto
<b>Fuente del dato</b>	Se debe medir con instrumentos de campo y se debe verificar con procedimiento de control de inventarios
<b>Procedimientos de medición</b>	Dosificadores de peso / Punteo de pesaje / Control de acopio
<b>Frecuencia de monitoreo</b>	Mensual

<b>Dato/Parámetro</b>	<b>CCCLB_c,t</b>
<b>Unidades</b>	Unidades de masa o volumen
<b>Descripción</b>	Consumo de combustible fósil de la clase c para la calcinación en la producción de clínker en el año t del escenario de línea base

<b>Fuente del dato</b>	Se debe medir con instrumentos de campo y se debe verificar con procedimiento de control de inventarios
<b>Procedimientos de medición</b>	Dosificadores de peso / Control de acopio
<b>Frecuencia de monitoreo</b>	Mensual

<b>Dato/Parámetro</b>	<b>FMCLP_t</b>
<b>Unidades</b>	NA
<b>Descripción</b>	Fracción de MgO en el clínker en el año t del escenario de proyecto
<b>Fuente del dato</b>	Se debe medir como parte del procedimiento de control de calidad del laboratorio
<b>Procedimientos de medición</b>	Muestreo
<b>Frecuencia de monitoreo</b>	Mensual

<b>Dato/Parámetro</b>	<b>FMGMPP_t</b>
<b>Unidades</b>	NA
<b>Descripción</b>	Contenido de MgO no carbonatado en las materias primas en el año y
<b>Fuente del dato</b>	Se debe medir como parte del procedimiento de control de calidad del laboratorio
<b>Procedimientos de medición</b>	Muestreo
<b>Frecuencia de monitoreo</b>	Mensual

<b>Dato/Parámetro</b>	<b>CMPLB</b>
<b>Unidades</b>	t
<b>Descripción</b>	Consumo de materias primas no carbonatadas en el año t del escenario de línea base
<b>Fuente del dato</b>	Se debe medir con instrumentos de campo y se debe verificar con procedimiento de control de inventarios
<b>Procedimientos de medición</b>	Dosificadores de peso / Puesto de pesaje / Control de acopio
<b>Frecuencia de monitoreo</b>	Mensual

<b>Dato/Parámetro</b>	<b>FECFDP_c</b>
<b>Unidades</b>	t CO <sub>2</sub> /GJ

<b>Descripción</b>	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> e para los combustibles fósiles de la clase c desplazados por el uso de combustibles alternativos o combustibles fósiles bajos en carbono en el año t del escenario de proyecto										
<b>Fuente del dato</b>	<p>Se pueden utilizar las siguientes fuentes de datos si se aplican las condiciones pertinentes:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Fuente de Dato</th> <th>Condiciones de uso de la fuente de datos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a. Valores proporcionados por el proveedor de combustible en facturas</td> <td>Esta es la fuente recomendada</td> </tr> <tr> <td>b. Mediciones de los participantes del proyecto</td> <td>Si a. no está disponible</td> </tr> <tr> <td>c. Valores predeterminados regionales o nacionales</td> <td>Si a. no está disponible Estas fuentes solo pueden utilizarse para combustibles líquidos y deben basarse en fuentes fiables y bien documentadas (como los balances energéticos nacionales).</td> </tr> <tr> <td>d. Los valores por defecto del IPCC en el límite superior / inferior de la incertidumbre en un intervalo de confianza del 95 %, como se indica en la tabla 1.4 del Capítulo 1 del Vol. 2 (Energía) de las Directrices del IPCC de 2006 sobre los inventarios nacionales de GEI</td> <td>Si a. no está disponible</td> </tr> </tbody> </table>	Fuente de Dato	Condiciones de uso de la fuente de datos	a. Valores proporcionados por el proveedor de combustible en facturas	Esta es la fuente recomendada	b. Mediciones de los participantes del proyecto	Si a. no está disponible	c. Valores predeterminados regionales o nacionales	Si a. no está disponible Estas fuentes solo pueden utilizarse para combustibles líquidos y deben basarse en fuentes fiables y bien documentadas (como los balances energéticos nacionales).	d. Los valores por defecto del IPCC en el límite superior / inferior de la incertidumbre en un intervalo de confianza del 95 %, como se indica en la tabla 1.4 del Capítulo 1 del Vol. 2 (Energía) de las Directrices del IPCC de 2006 sobre los inventarios nacionales de GEI	Si a. no está disponible
Fuente de Dato	Condiciones de uso de la fuente de datos										
a. Valores proporcionados por el proveedor de combustible en facturas	Esta es la fuente recomendada										
b. Mediciones de los participantes del proyecto	Si a. no está disponible										
c. Valores predeterminados regionales o nacionales	Si a. no está disponible Estas fuentes solo pueden utilizarse para combustibles líquidos y deben basarse en fuentes fiables y bien documentadas (como los balances energéticos nacionales).										
d. Los valores por defecto del IPCC en el límite superior / inferior de la incertidumbre en un intervalo de confianza del 95 %, como se indica en la tabla 1.4 del Capítulo 1 del Vol. 2 (Energía) de las Directrices del IPCC de 2006 sobre los inventarios nacionales de GEI	Si a. no está disponible										
<b>Procedimientos de medición</b>	<p>Para a. y b.: Las mediciones deben realizarse de acuerdo con las normas nacionales o internacionales sobre combustibles.</p> <p>Para a.: si el proveedor de combustible proporciona el valor PCN y el factor de emisión de CO<sub>2</sub> en la factura y estos dos valores se basan en mediciones para este combustible específico, se debe utilizar este factor de CO<sub>2</sub>. Si se utiliza otra fuente para el factor de emisión de CO<sub>2</sub> o no se proporciona ningún factor de emisión de CO<sub>2</sub>, deben utilizarse las Opciones b., c. o d.</p>										
<b>Frecuencia de monitoreo</b>	<p>Para a. y b.: debe obtenerse el factor de emisión para cada suministro de combustible, a partir del cual se deben calcular los valores anuales medios ponderados.</p> <p>Para c.: revisar la idoneidad de los valores anualmente.</p> <p>Para d.: cualquier revisión futura de las Directrices del IPCC debe tenerse en cuenta</p>										

<b>Dato/Parámetro</b>	PCNCF_c
<b>Unidades</b>	GJ / t

<b>Descripción</b>	Poder calorífico neto de la clase o tipo de combustible c.	
<b>Fuente del dato</b>	Se pueden utilizar las siguientes fuentes de datos si se aplican las condiciones pertinentes:	
	<b>Fuente de dato</b>	<b>Condiciones de uso de la fuente de datos</b>
	e. Valores proporcionados por el proveedor de combustible en facturas	Esta es la fuente recomendada
	f. Mediciones de los participantes del proyecto	Si a. no está disponible
	g. Valores predeterminados regionales o nacionales	Si a. no está disponible Estas fuentes solo pueden utilizarse para combustibles líquidos y deben basarse en fuentes fiables y bien documentadas (como los balances energéticos nacionales).
h. Los valores por defecto del IPCC en el límite superior / inferior de la incertidumbre en un intervalo de confianza del 95 %, como se indica en la tabla 1.4 del Capítulo 1 del Vol. 2 (Energía) de las Directrices del IPCC de 2006 sobre los inventarios nacionales de GEI	Si a. no está disponible	
<b>Procedimientos de medición</b>	Para a. y b.: Las mediciones deben realizarse de acuerdo con las normas nacionales o internacionales sobre combustibles.	
<b>Frecuencia de monitoreo</b>	Para a. y b.: El PCN debe obtenerse para cada suministro de combustible, a partir del cual se deben calcular los valores anuales promedio ponderados. Para c.: revisar la idoneidad de los valores anualmente. Para d.: cualquier revisión futura de las Directrices del IPCC debe tenerse en cuenta	

## 9.2 Reporte

En el ámbito nacional, se cuenta con el sistema de Registro Nacional de Reducciones de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (RENARE). Esta plataforma creada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) busca poder integrar todos los proyectos de mitigación que se estén desarrollando en el país, para que estos sean incluidos dentro del sistema de contabilidad y remoción de emisiones.

Es importante que las iniciativas por desarrollar se inscriban en el RENARE, siempre y cuando correspondan al cumplimiento de los compromisos de reducción de emisiones de GEI asumidos por Colombia, teniendo en cuenta que bajo lo estipulado en la Resolución 1447 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018b), se debe realizar este procedimiento para asegurar que el proyecto de

mitigación realizado se encuentre en cumplimiento de los principios mencionados en el capítulo 4 y las reducciones reportadas sean cuantificadas correctamente.

### **9.3 Verificación**

Esta etapa es llevada a cabo por el ente verificador, en alineación con lo que se presenta en la ISO 14064-2:2019 y cuenta con dos etapas:

1. Validación: En esta etapa se revisa la calidad de la información y se asegura que la información presentada sobre el proyecto de mitigación cumple los principios y requisitos dados por la CMNUCC.
2. Verificación: En esta etapa se constata que la meta de reducción propuesta por el proyecto de mitigación se alcanzó y la Metodología de cuantificación implementada es adecuada y científicamente aprobada internacionalmente.

Con el objeto de recibir la certificación por la reducción de emisiones de GEI generadas por el proyecto de mitigación desarrollado toda la información presentada debe ser consistente y cumplir los lineamientos de los capítulos 5, 6, 7 y 8 del Protocolo para la Certificación Voluntaria de Carbono de CERCARBONO CVCC Versión 2.1 y con los numerales 6.12 y 6.13 de la ISO 14064-2:2019.

## 10 Referencias

- CERCARBONO. (2020). Protocolo para la certificación voluntaria de carbono de CERCARBONO CVCC 2.1. Medellín, Colombia. Recuperado de [https://www.cercarbono.com/wp-content/uploads/2020/04/2020.04.13-Protocolo-CERCARBONO\\_Versión-2.1-3.pdf](https://www.cercarbono.com/wp-content/uploads/2020/04/2020.04.13-Protocolo-CERCARBONO_Versión-2.1-3.pdf)
- Congreso de Colombia. (2016). Ley 1819 *“Por medio de la cual se adopta una reforma tributaria estructural, se fortalecen los mecanismos para la lucha contra la evasión y la elusión fiscal, y se dictan otras disposiciones”*. Congreso de Colombia, Colombia, 29 de diciembre de 2016. 20 p.
- Congreso de Colombia. (2018). Ley 1931 *“Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático”*. Congreso de Colombia, Colombia, 27 de julio de 2018. 19 p.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERÍA. (2018). Segundo Informe Bienal de Actualización de Colombia a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC). Bogotá, D.C., Colombia. Recuperado de [www.minambiente.gov.co](http://www.minambiente.gov.co); [www.co.undp.org](http://www.co.undp.org)
- ISO 14064-2:2019. Greenhouse gases - part 2: specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements.
- ISO 14064-3:2019. Greenhouse gases - part 3: specification with guidance for the verification and validation of greenhouse gas statements.
- IPCC 2006. (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018a). Abecé frente al impuesto nacional al carbono y la solicitud de no causación por carbono neutralidad. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/3148-conozca-el-abece-frente-al-impuesto-nacional-al-carbono-y-la-solicitud-de-no-causacion-por-carbono-neutralidad>.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018b). Resolución 1447 de 2018, Pub. L. Nro. 1447, 1 (2018). República de Colombia.
- Naciones Unidas. Acuerdo de París, Pub. L. No. C.N.735.2016. TREATIES-XXVII.7.d, 1 (2015). París, Francia. Recuperado de [https://unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/spanish\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/spanish_paris_agreement.pdf).
- UNFCCC. (2014). Large-scale Methodology: Emission reductions from raw material switch in clinker production. Bonn, Germany. Recuperado de [https://cdm.unfccc.int/filestorage/T/O/H/TOH6G8N4ZPYL02MD5F19R3JQUVXA7E/EB79\\_repa\\_n12\\_ACM0015\\_ver04.0.pdf?t=bk58cWhjcXVmfDBnJFDAje0P2jA6vAFFKdPF](https://cdm.unfccc.int/filestorage/T/O/H/TOH6G8N4ZPYL02MD5F19R3JQUVXA7E/EB79_repa_n12_ACM0015_ver04.0.pdf?t=bk58cWhjcXVmfDBnJFDAje0P2jA6vAFFKdPF)
- UNFCCC. (2013). Large-scale Methodology: Partial substitution of fossil fuels in cement or quicklime manufacture. Bonn, Germany. Recuperado de

[https://cdm.unfccc.int/filestorage/J/W/E/JWEFAICOS0KR8XQUT91V25GBYH3D7P/EB76\\_repa\\_n08\\_ACM0003\\_ver08.0.pdf?t=VER8cWhjcXhzhfDCJuuX2lNHCerO5eVWXFFb6](https://cdm.unfccc.int/filestorage/J/W/E/JWEFAICOS0KR8XQUT91V25GBYH3D7P/EB76_repa_n08_ACM0003_ver08.0.pdf?t=VER8cWhjcXhzhfDCJuuX2lNHCerO5eVWXFFb6)

World Business Council for Sustainable Development. (WBCSD). (2011). The Cement CO2 and Energy Protocol. CO2 and Energy Accounting and Reporting Standard for the Cement Industry. Version 03. Cement Sustainability Initiative (CSI). Conches-Geneva, Switzerland. 80 p.

## 11 Historia del documento

Bitácora		
Versión	Fecha	Comentarios/cambios
1.0	06/11/2020	Versión inicial del documento expuesto en consulta pública del 06/11/2020 al 13/11/2020.
1.1	31/03/2021	Versión final con comentarios integrados de la consulta pública y elementos adicionales faltantes.



**CERCARBONO**  
CERTIFICADORA DE CARBONO