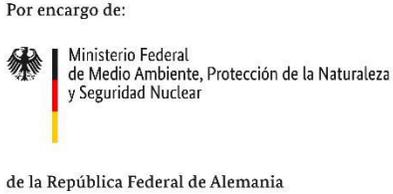


Apoyo para el Plan de Desarrollo Económico Compatible con el Cambio Climático de la República Dominicana, en los Sectores Cemento y Residuos



# Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de la República Dominicana

SECTOR CEMENTO 2010-2017



Como empresa federal, la GIZ asiste al Gobierno de la República Federal de Alemania en su labor para alcanzar sus objetivos en el ámbito de la cooperación internacional para el desarrollo sostenible.

Publicado por:

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Friedrich-Ebert-Allee 36 + 40  
53113 Bonn, Alemania  
T +49 228 44 60-0  
F +49 228 44 60-17 66

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5  
65760 Eschborn, Deutschland  
T +49 61 96 79-0  
F +49 61 96 79-11 15

E [info@giz.de](mailto:info@giz.de)

I [www.giz.de](http://www.giz.de)

Este documento forma parte del proyecto: Apoyo para el Plan de Desarrollo Económico Compatible con el Cambio Climático (DECCC) de la República Dominicana, en los sectores cemento y residuos (proyecto ZACK) - Programa Iniciativa del Clima Internacional (IKI) realizado por la GIZ y el Consejo Nacional para el Cambio Climático y el Mecanismo de Desarrollo Limpio.

GIZ Santo Domingo  
Calle Ángel Severo Cabral No. 5, Ens. Julieta,  
Santo Domingo, República Dominicana  
+1 809 541 1430  
+1 809 683 2611

E [info@giz.de](mailto:info@giz.de)

I [www.giz.de](http://www.giz.de)

Autores:

Antonio Manuel Serrano Serrano  
Ing. Ana Sofia Ovalle  
Dr. Günter Eberz  
Santo Domingo, República Dominicana

Diseño/diagramación:

Grupo Diario Libre, Santo Domingo

Fotografías/fuentes:

ADOCEM

Referencias a URL:

La presente publicación contiene referencias a páginas web externas. Los contenidos de las páginas externas mencionadas son responsabilidad exclusiva del respectivo proveedor. Al incluir una referencia por primera vez, la GIZ ha comprobado que los contenidos ajenos no den lugar a eventuales responsabilidades civiles o penales. Sin embargo, no puede esperarse un control permanente de los contenidos de las referencias a páginas externas sin que existan indicios concretos de una infracción de índole legal. Cuando la GIZ constate o sea informada por terceros que una página externa a la que ha remitido da lugar a responsabilidades civiles o penales, eliminará de inmediato la referencia a dicha página. La GIZ se distancia expresamente de tales contenidos.

La GIZ es responsable del contenido de la presente publicación.

Santo Domingo, República Dominicana  
Octubre 2018

# Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de la República Dominicana

**SECTOR CEMENTO 2010-2017**

## CONTENIDO

1.	GENERALIDADES DEL SECTOR CEMENTO .....	4
1.1	Capacidad Instalada .....	4
1.2	Producción de Cemento.....	4
2.	INVENTARIO DE EMISIONES 2010-2017 .....	5
2.1	Descripción de la Fuente.....	5
2.2	Aspectos Metodológicos.....	6
2.3	Datos de Actividad .....	8
2.4	Factor de Emisiones .....	8
2.5	Emisiones Calculadas .....	9
2.6	Exhaustividad del Inventario.....	9
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	10
3.1	Elección del Método .....	10
3.2	Ecuaciones Utilizadas.....	10
3.3	Factores por Defecto.....	10
3.4	Datos de Actividad .....	10
3.5	Revisión Inventarios Anteriores.....	11
3.6	Series Históricas 2010-2017.....	12
3.7	Proyecciones 2030 .....	13
4.	EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE .....	13
4.1	Incertidumbre Total .....	13
4.2	Factor de Emisiones .....	13
4.3	Datos de Actividad .....	13
5.	GESTIÓN DE LA CALIDAD (QA/QC) .....	14
5.1	Control de la Calidad.....	14
5.2	Criterios de Calidad.....	14
5.3	Aseguramiento de la Calidad .....	14
5.4	Generación de Informes .....	15
5.5	Observaciones Generales Del Sector Cemento .....	15
6.	REFERENCIAS.....	18

ANEXOS ..... 19

ADDENDUM INGEI IPPU. SECTOR CAL 2004-2017

ADDENDUM INGEI IPPU. SECTOR FERRONIQUEL 1999-2017

Final DRAFT

## Lista de Acrónimos

ADOCEM	Asociación Dominicana de Productores de Cemento Portland
CKD	Polvo del Horno de Cemento (en inglés)
CI	Clínker
CNCCMDL	Consejo Nacional para el Cambio Climático y el mecanismo de Desarrollo Limpio
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GIZ	Agencia Alemana de Cooperación Alemana (en alemán)
INGEI	Inventario de Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (en inglés)
MRV	Medición, Reporte y Verificación
NAMA	Acciones de Mitigación Apropriadas al Contexto del País (en inglés)
NC	Comunicación Nacional (en inglés)
PIB	Producto Interno Bruto
QA/QC	Control de la calidad/ Aseguramiento de la calidad (en inglés)
RD	República Dominicana

## Índice de Cuadros

Cuadro 1: Empresas Productoras de Cemento en la República Dominicana (2015)	2
Cuadro 2: Producción Nacional de Clínter (2010 - 2015)	6
Cuadro 3: Factor de Emisiones de CO <sub>2</sub> del Clínter	7
Cuadro 4: Emisiones de CO <sub>2</sub> del Sector Cemento (2010 - 2015)	7
Cuadro 5: Resumen de Factores de Emisión	9
Cuadro 6: Resumen de Datos de Actividad	10
Cuadro 7: Registro Emisiones de CO <sub>2</sub> de la Producción de Cemento	10
Cuadro 8: Evaluación de Incertidumbre para la Producción de Cemento	12
Cuadro 9: Comparación de Metodologías	16
Cuadro 10: Hoja de Ruta Industria Cementera	17

## Índice de Figuras

Figura 1: Producción y Consumo de Cemento en RD (millones de toneladas)	2
Figura 2: Árbol de Decisión para la Selección del Método de Cálculo	5
Figura 3: Serie histórica de las Emisiones de CO <sub>2</sub> de la Producción de Clínter (Tier 2)	11

## Lista de Ecuaciones

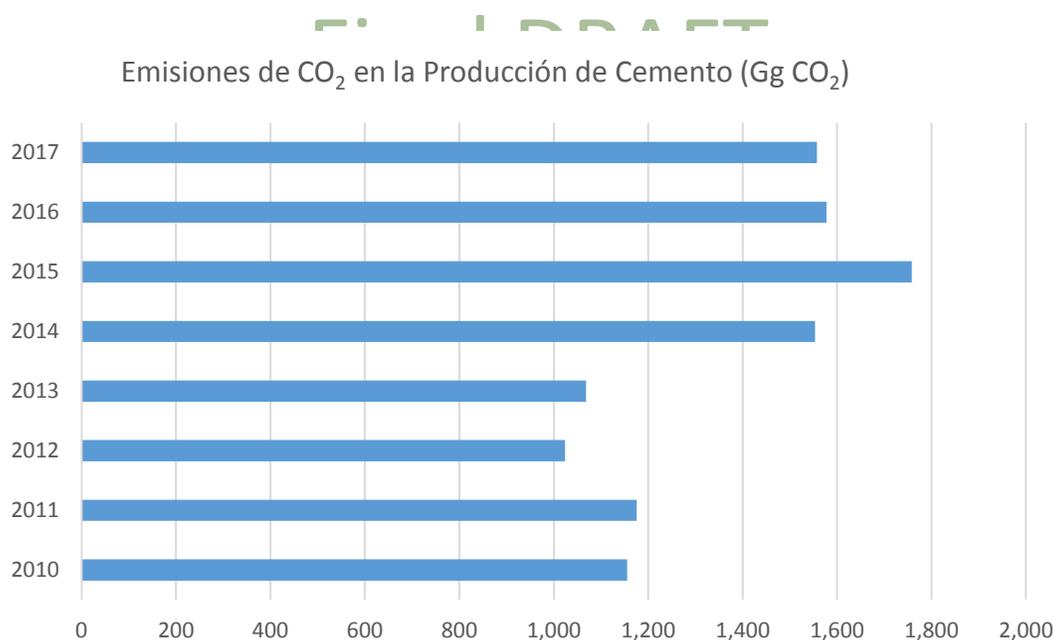
Fórmula 1: Emisiones Basadas en la Producción de Cemento (Tier 2)	6
---	---

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe se enmarca en el Componente Desarrollo de NAMAs y Sistemas de MRV del Proyecto “Apoyo a la implementación del Plan DECCC en los sectores cemento y residuos sólidos”; ejecutado por la Agencia de Cooperación Alemana -GIZ y el Consejo Nacional para el Cambio Climático y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (CNCCMDL). Este componente incluye, entre otros, realizar una actualización anual del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para el sector cemento y para el sector residuos.

En este documento se incluye la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero del sector cemento de la República Dominicana para su serie histórica 2010-2017. En este sentido, el análisis realizado incluye cinco (5) gases de efecto invernadero ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , PFC y  $\text{SF}_6$ ) y, por criterios técnicos, se han excluido los precursores ( $\text{NO}_x$ , CO, COVNM y  $\text{SO}_2$ ).

Para el periodo de análisis, las emisiones del sector pasaron de ser 1,155.20 Gg  $\text{CO}_2$  en el 2010 a 1,557.25 Gg  $\text{CO}_2$  en el 2017. Estos valores han sido estimados usando datos públicamente disponibles, y están correlacionados directamente a la producción nacional de clínker.



Fuente: Elaboración propia.

La metodología utilizada en este inventario, son las Directrices del 2006 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático para la Elaboración de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (Volumen 3: Procesos Industriales y Uso de Productos; Capítulo 2: Industrias Minerales; Categoría A: Producción de Cemento).

Se presenta a continuación, un resumen de los criterios y consideraciones incluidos:

## Resumen del inventario de emisiones de GEI del sector cemento 2010-2017

<b>Sector</b>	Procesos Industriales y Uso de Productos
<b>Renglón</b>	Industrias Minerales
<b>Categoría</b>	Producción de Cemento
<b>Categoría principal</b>	Si
<b>Gases incluidos</b>	CO <sub>2</sub>
<b>Descripción/ Definición de la categoría y/o fuente</b>	La producción de clínker, producto intermedio del que se obtiene el cemento, da origen a emisiones de dióxido de carbono. Las elevadas temperaturas en los hornos de cemento transforman químicamente las materias primas en clínker de cemento. En un proceso denominado calcinación o calcinamiento, el carbonato de calcio se calienta (CaCO <sub>3</sub> ), obteniéndose cal (óxido de calcio, CaO) y dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).
<b>Ecuaciones utilizadas</b>	$Emisiones\ CO_2 = M_{cl} \times EF_{cl} \times EF_{ckd}$ <p>Donde:  Emisiones de CO<sub>2</sub> = emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la producción de cemento (en toneladas)  M<sub>cl</sub> = peso (masa) de clínker producido (en toneladas)  EF<sub>cl</sub> = factor de emisión de CO<sub>2</sub> del clínker (en toneladas CO<sub>2</sub>/ toneladas de clínker)  EF<sub>ckd</sub> = factor corrector de las emisiones para el CKD</p>
<b>Observaciones</b>	Se asume que 1 tonelada de clínker contiene 0.65 toneladas de CaO, y que el 100% del CaO proviene del carbonato de calcio (CaCO <sub>3</sub> ). Se asume también que el polvo del horno de cemento adiciona un 2% a las emisiones de CO <sub>2</sub> de proceso.
<b>Referencia</b>	IPCC, 2006: <i>Directrices del 2006 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático para la Elaboración de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (Volumen 3: Procesos Industriales y Uso de Productos; Capítulo 2: Industrias Minerales; Categoría A: Producción de Cemento).</i>
<b>¿Describir cómo y por qué este método fue elegido?</b>	En la República Dominicana se produce clínker, por lo que esta categoría de emisiones es considerada como importante/relevante y, al efecto, dichas emisiones deben considerarse. Como no hay datos locales de producción de clínker a nivel de planta que estén públicamente disponibles, se selecciona el método de segundo nivel (Tier2), que considera la data agregada de producción de clínker a nivel nacional.
<b>Métodos de control de calidad (QC) y de aseguramiento de la calidad (QA)</b>	Los cálculos han sido elaborados en base a información públicamente disponible. Los datos son almacenados en los archivos del Proyecto ZACK, teniendo una copia de respaldo; y distribuyendo copias electrónicas al CNCCMDL y ADOCEM.

En el cuerpo del presente documento, se incluyen todas las consideraciones metodológicas y de rigor para la socialización del inventario actualizado y para su monitoreo regular.

## 1. GENERALIDADES DEL SECTOR CEMENTO

### 1.1 Capacidad Instalada

En los últimos 37 años, la producción de cemento y clínker en la República Dominicana ha crecido constantemente. La industria ha pasado de unas 900 mil toneladas en el 1990 hasta unas 7.7 millones de toneladas en el 2017. Actualmente, en el país operan siete (7) empresas cementeras (*cuadro 1*).

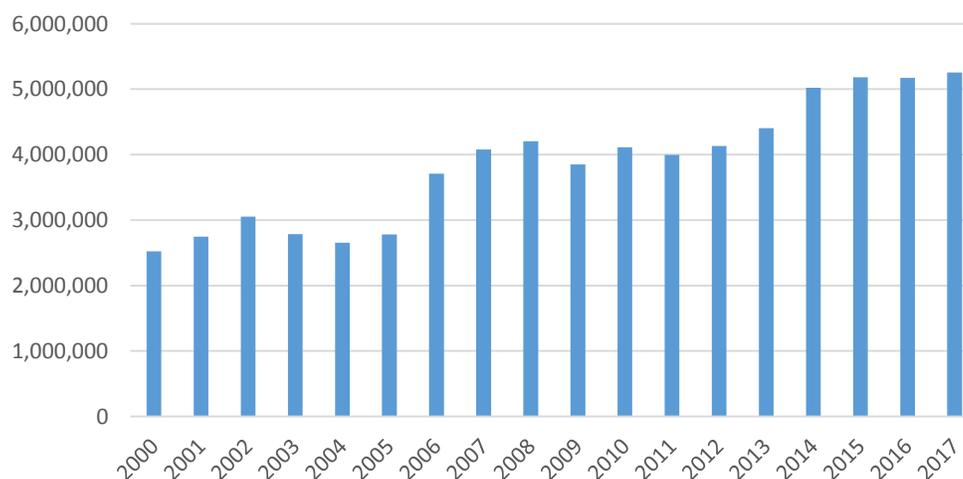
**Cuadro 1: Empresas Productoras de cemento y clínker en la República Dominicana (2017)**

	Empresa	Ubicación	Capacidad Cemento (t)	Capacidad Clínker (t)
1	Cemex Dominicana	San Pedro de Macorís, San Pedro	2,580,000	2,000,000
2	Cemento Cibao	Palo Amarillo, Santiago	1,300,000	800,000
3	DOMICEM	Sabana Grande de Palenque, San Cristóbal	1,900,000	900,000
4	Argos Dominicana	Nigua, San Cristóbal	550,000	
5	Cementos Andino Dominicano	Cabo Rojo, Pedernales	475,000	
6	Cemento Santo Domingo	Hatillo, Azua	350,000	800,000
7	Cemento PANAM	San José de los Llanos, San Pedro	550,000	
8	CAPACIDAD TOTAL		7,705,000	4,500,000

Fuente: ADOCEM (2018).

### 1.2 Producción de Cemento

Según cifras oficiales, la producción nacional de cemento se ha duplicado en los últimos 17 años (*Figura 1*). Esta producción es suficiente para satisfacer el mercado local y exportar excedentes.



**Figura 1: Producción y Consumo de Cemento en RD (toneladas)**

Fuente: Banco Central (2000-2017).

En 2013-2014 existe un aumento significativo en la capacidad producción de cemento debido al comienzo de operación de la cementera Argos Dominicana, la cual aumentó en 550,000 toneladas la capacidad de producción de cemento.

## 2. INVENTARIO DE EMISIONES 2010-2017

### 2.1 Descripción de la Fuente

En la fabricación del cemento, el CO<sub>2</sub> se genera durante la producción de clínker, un producto intermedio que luego se somete a una molienda juntamente con una pequeña proporción de sulfato de calcio [yeso (CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) o anhidruro (CaSO<sub>4</sub>)], para formar el cemento hidráulico (generalmente, el cemento portland). Durante la producción del clínker, se calienta o calcina la piedra caliza, compuesta esencialmente de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>), para producir cal (CaO) y CO<sub>2</sub> como productos derivados. El CaO reacciona entonces con la sílice (SiO<sub>2</sub>), la alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), y el óxido de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) presentes en las materias primas, para formar minerales de clínker (principalmente silicatos de calcio). La proporción de otros carbonatos diferentes del CaCO<sub>3</sub> en las materias primas es en general muy pequeña. Los demás carbonatos, si aparecen, existen esencialmente como impurezas en la materia prima de la piedra caliza primaria<sup>1</sup>. Como buena práctica, es deseable que haya una pequeña cantidad de MgO (generalmente entre 1 y 2 %) en el proceso de fabricación del clínker, pues actúa como un fundente y beneficia al proceso<sup>2</sup>.

Tal como señala el Volumen 3, sobre Procesos industriales y uso de productos (IPPU, del inglés, Industrial Processes and Products Use) de las Directrices del 2006 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático para la Elaboración de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, en las metodologías para la estimación de las emisiones se consideran sólo las emisiones relacionadas con procesos y no las emisiones relacionadas con la energía. Las emisiones de estas industrias que estén relacionadas con la energía están contabilizadas en el Sector Energía, evitando que haya cálculos dobles de emisiones entre los Sectores Energía e IPPU.

---

<sup>1</sup> El cemento puede fabricarse completamente a partir de clínker importado, en cuyo caso la planta cementera puede considerarse libre de emisiones de CO<sub>2</sub> por producción de cemento. Durante la fabricación de clínker puede generarse polvo de horno de cemento (CKD, del inglés *Cement Kiln Dust*). En la estimación de las emisiones, es una buena práctica incluir las asociadas al CKD si son relevantes.

<sup>2</sup> No se consideran las emisiones asociadas a la producción de cemento de albañilería. En caso de que se produzca cemento de albañilería por adición de cal al cemento portland (o a su clínker), estas emisiones deben incluirse en el Inventario Nacional bajo la categoría *producción de cal*. No se producen emisiones si, para producir cemento de albañilería, se agrega piedra caliza molida al cemento portland o a su clínker.

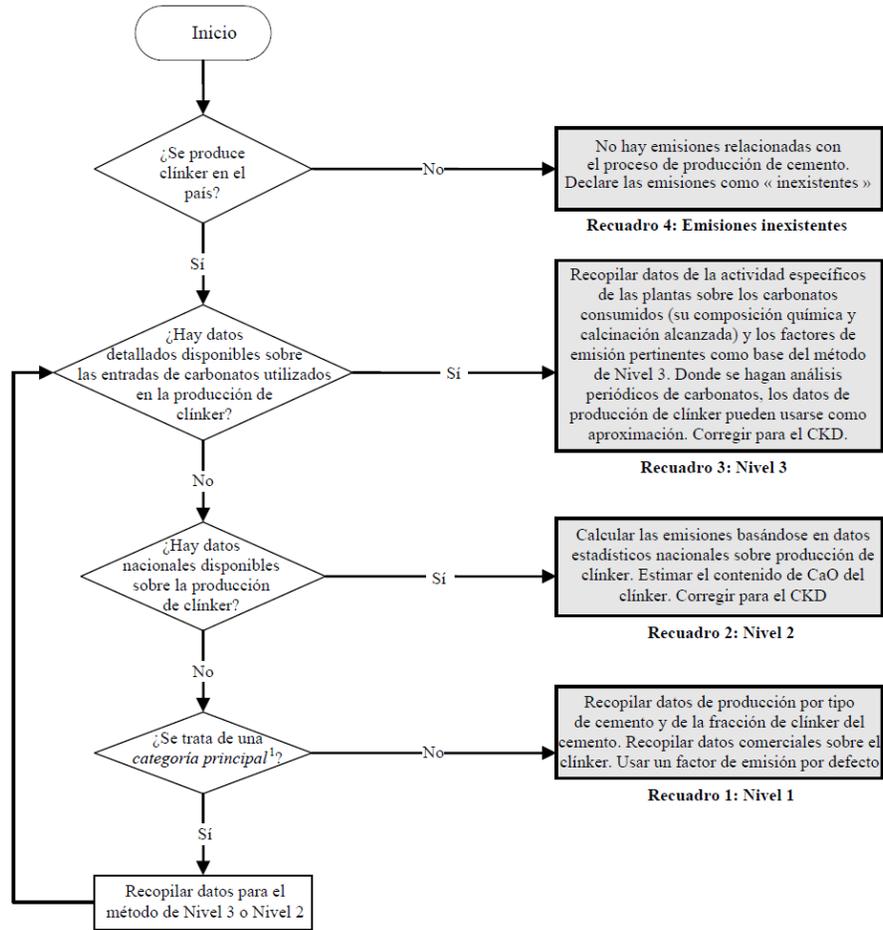
## 2.2 Aspectos Metodológicos

Existen diversos métodos para calcular las emisiones asociadas a la producción de cemento.

- En el método de Primer Nivel (Tier 1), las emisiones se basan en las estimaciones de producción de clínker inferidas de los datos de producción de cemento, y se corrigen en función de las exportaciones e importaciones de clínker (si hubiere y/o se reportan regularmente).
- En el método de Segundo Nivel (Tier 2), las emisiones se estiman directamente de los datos sobre la producción de clínker y de un factor de emisión, ya sea nacional o por defecto.
- El método de Tercer Nivel (Tier 3), es un cálculo basado en el peso y composición de los carbonatos de las fuentes de materias primas y de combustibles, los factores de emisión de los carbonatos, y la fracción de calcinación alcanzada. Esto requiere tener datos a nivel de planta.

Si se considera que los datos de nivel de planta son poco fiables o muy inciertos (actualmente no existe un sistema de colección de data a nivel nacional del sector), entonces la buena práctica es usar el Tier 2. No obstante, la elección del método más apropiado debe basarse en las *circunstancias nacionales*, en especial las relacionadas al acceso a información.

La figura 2 ilustra el proceso para la elección del método de cálculo basado en la data disponible.



**Figura 2: Árbol de Decisión para la Selección del Método de Cálculo**

Fuente: IPCC (2006)

Con base a la información disponible públicamente, el presente documento emplea el método de segundo nivel (Tier 2) para la estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción de cemento. En cuanto a precursores de ozono, también se generan emisiones de SO<sub>2</sub> debido al contenido de azufre en el combustible y en las materias primas. Dado que, del 70 al 95% del SO<sub>2</sub> generado durante el proceso es absorbido por el clínker, estas emisiones no son consideradas relevantes.

Con el Tier 2, las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la producción de cemento se calculan como:

**Fórmula 1: Emisiones Basadas en la Producción de Clínker (Tier 2)**

$$Emisiones\ CO_2 = M_{cl} \times EF_{cl} \times CF_{ckd}$$

Donde:

Emisiones de CO<sub>2</sub> = emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la producción de cemento, en toneladas

M<sub>cl</sub> = peso (masa) de clínker producido (toneladas)

EF<sub>cl</sub> = factor de emisión de CO<sub>2</sub> del clínker (toneladas de CO<sub>2</sub>/toneladas de clínker)

CF<sub>ckd</sub> = factor corrector de las emisiones para el CKD (adimensional)

## 2.3 Datos de Actividad

El Banco Central de la República Dominicana reporta estadísticas del volumen de producción de cemento y el volumen de producción clínker para el periodo 2010-2017 (Banco Central, 2018).

**Cuadro 2: Producción Nacional de Clínker y Cemento (2010 - 2017)**

Año	Producción Clínker (t)	Producción Cemento (t)
2010	2,220,256	4.105.657
2011	2,259,565	3.996.502
2012	1,968,572	4.129.678
2013	2,053,806	4.404.210
2014	2,985,973	5.018.931
2015	3,378,929	5.180.931
2016	3.032.226	5.171.069
2017	2.992.971	5.253.660

Fuente: Banco Central, 2018.

En este caso, las Directrices del IPCC indican que es una buena práctica utilizar los datos de la producción de clínker de las estadísticas nacionales (IPCC, 2006). El uso de esta información reduce el margen de incertidumbre de los cálculos, en especial la relativa al factor de clínker (el contenido de clínker por unidad de cemento producida) que puede ser hasta de  $\pm 37\%$ .

## 2.4 Factor de Emisiones

Si se dispone de datos específicos del contenido de CaO del clínker, es una buena práctica estimar un factor de emisiones de CO<sub>2</sub> específico para el país. Dado que estos datos no están disponibles, se utilizará un valor por defecto que supone que: el contenido de CaO del clínker de 65% (en general va de 60 a 70%); el 100% del CaO proviene del material CaCO<sub>3</sub>; y de incorporar un factor del 2% para el CKD. Esta arroja un valor de 0.5203 tonelada de CO<sub>2</sub> por tonelada de clínker.

**Cuadro 3: Factor de Emisiones de CO<sub>2</sub> del Clínker**

Parámetro	Valor	Unidad	Comentario
Contenido de CaO en el clínker	65%	%	
Peso fórmula CaCO <sub>3</sub>	100.0869	g/ mol	
Peso fórmula CO <sub>2</sub>	44.0107	g/ mol	43.97%
Peso fórmula CaO	56.0774	g/ mol	56.03%
Cantidad de CaCO <sub>3</sub> para producir 1 tonelada de clínker	1.1601	t CaCO <sub>3</sub>	
Factor de emisiones de CO <sub>2</sub> del Clínker (contenido)	0.5101	t CO <sub>2</sub> / t cl	
<b>Factor de emisiones de CO<sub>2</sub> del Clínker (corregido)</b>	<b>0.5203</b>	<b>t CO<sub>2</sub>/ t cl</b>	<b>1.02% por CKD</b>

Elaboración propia.

## 2.5 Emisiones Calculadas

Las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la producción de cemento se estimaron con el método de nivel 2 (Tier 2), basado en data disponible públicamente. A estos efectos, se ha utilizado la producción de clínker y un factor de emisiones de CO<sub>2</sub> calculado usando valores por defecto del IPCC.

**Cuadro 4: Emisiones de CO<sub>2</sub> del Sector Cemento (2010 - 2017)**

Año	Emisiones (en Gg)					
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	SF <sub>6</sub>	HFC	PFC
2010	1,155.2036	n/A	n/A	n/A	n/A	n/A
2011	1,175.6562	n/A	n/A	n/A	n/A	n/A
2012	1,024.2519	n/A	n/A	n/A	n/A	n/A
2013	1,068.5994	n/A	n/A	n/A	n/A	n/A
2014	1,553.6077	n/A	n/A	n/A	n/A	n/A
2015	1,758.0635	n/A	n/A	n/A	n/A	n/A
2016	1.577,6733	n/A	n/A	n/A	n/A	n/A
2017	1.557,2488	n/A	n/A	n/A	n/A	n/A

Elaboración propia.

## 2.6 Exhaustividad del Inventario

La principal diferencia de las Directrices del IPCC del 2006 con respecto a las Guía de Buenas Prácticas y a las Directrices de 1996 es la introducción de un factor de corrección para el polvo del horno de cemento (*Cement Kiln Dust*, CKD), y en la no contabilización de los gases precursores (SO<sub>2</sub>). Por otro lado, las emisiones de CO<sub>2</sub> estimadas en este documento son menores a las calculadas en el INGEI 2010. Este se atribuye a debilidades detectadas en los datos y cálculos<sup>3</sup>.

El factor de emisión empleado en el inventario es 0.5203 tCO<sub>2</sub>/ tonelada de clínker. Este valor es el mismo utilizado en el INGEI 2010, al igual que la fracción de clínker en el cemento (95%). La incertidumbre de la estimación de la producción de clínker es muy alta (mayor a ±35%). Afortunadamente, al aplicar el método Tier 2, esta incertidumbre se reduce significativamente (al ±1-2%) con el uso de los datos de producción nacional de clínker de manera agregada.

<sup>3</sup> En el proceso de actualización del inventario, no se encontraron evidencias sobre el origen de los datos utilizados en el INGEI 2010 para la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector cemento. Al respecto, las buenas prácticas apuntan a la validez del inventario incluidos en este documento. Esto puede cambiar o conciliarse en futuras actualizaciones, siempre que se utilicen datos oficiales públicamente disponibles.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Elección del Método

En la Sección 2.2 se presentaron los tres (3) métodos que -según las metodologías del IPCC- se pueden utilizar para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la producción de cemento. Para efectos del presente inventario, la estimación de la serie histórica 2010-2017 se realizó con el método de cálculo de segundo nivel (Tier 2). No existen datos para aplicar el método Tier 3.

#### 3.2 Ecuaciones Utilizadas

En la República Dominicana se produce clínker, y, en consecuencia, la producción de cemento es una categoría principal de fuente de emisiones para el país. Por esta razón, se emplea el método de segundo Nivel (Tier 2) para la estimación y el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> de dicho sector.

#### 3.3 Factores por Defecto

Se ha utilizado un factor de emisiones del clínker (FE<sub>cl</sub>) de 0.5203 toneladas de CO<sub>2</sub> por tonelada de clínker. Este factor considera que el contenido de cal (CaO) en clínker es 65%. Este es un valor conservador que pueden mejorarse al utilizar datos específicos a nivel de planta (Tier 3).

**Cuadro 5: Resumen de Factores de Emisión**

Tipo de Factor de Emisión	Valor	Unidad	Año	Referencia	Otra información	Procedimiento de QA/QC	Datos ingresados correctamente a los modelos de cálculo
FE <sub>cl</sub>	0.5203	tCO <sub>2</sub> /t clínker	2010-2015	IPCC, 2006	Basado en que el contenido de CaO del clínker es 65%	Adecuado	Valor por defecto del IPCC
FE <sub>SO<sub>2</sub></sub>	n/A	tSO <sub>2</sub> / t cemento	n/a	IPCC, 2006	Más del 95% del SO <sub>2</sub> es absorbido por el cemento	Adecuado	Valor por defecto del IPCC

Elaboración propia.

#### 3.4 Datos de Actividad

Los datos de producción de cemento y de clínker son obtenidos del Banco Central. Se ha confirmado que estas estadísticas son consistentes con las estadísticas que -de forma agregada para el sector- recibe la Asociación Dominicana de Productores de Cemento Portland (ADOCEM).

**Cuadro 6: Resumen de Datos de Actividad**

Tipo de dato de actividad	Valor	Unidad	Año	Referencia	Otra información	Procedimiento de QA/QC	Datos ingresados correctamente a los modelos de cálculo
Producción Nacional de Cemento	4,112,362	t	2010	Banco Central, 2018	ADOCEM, 2011	Adecuado	Si
	3,996,502	t	2011		ADOCEM, 2012		Si
	4,129,678	t	2012		ADOCEM, 2013		Si
	4,404,210	t	2013		ADOCEM, 2014		Si
	5,018,931	t	2014		ADOCEM, 2015		Si
	5,180,931	t	2015		ADOCEM, 2016		Si
	5,171,069	t	2016		ADOCEM, 2017		Si
	5,253,660	t	2017		ADOCEM, 2018		Si
Producción Nacional de Clínter	2,220,256	t	2010	Banco Central, 2018	ADOCEM, 2018	Adecuado	Si
	2,259,565	t	2011				Si
	1,968,572	t	2012				Si
	2,053,806	t	2013				Si
	2,985,973	t	2014				Si
	3,378,929	t	2015				Si
	3,032,226	t	2016				Si
	2,992,971	t	2017				Si

Elaboración propia.

### 3.5 Revisión Inventarios Anteriores

A continuación, se presenta una tabla comparativa de estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> para los años publicados en las comunicaciones nacionales. Por cuestiones de rigor metodológico, estos inventarios son comparados en base a la información contenida en el presente estudio.

**Cuadro 7: Registro Emisiones de CO<sub>2</sub> de la Producción de Cemento (en Gg CO<sub>2</sub>)**

Año	Emisiones CO <sub>2</sub> NC1	Emisiones CO <sub>2</sub> NC2	Emisiones CO <sub>2</sub> NC3	Este Reporte
1990	541.1000			
1994	643.8000			
1998		1,045.7000		
2000		811.0600		
2010			1,754.9000	1,155.2036
2015				1,758.0635
2016				1.577,6733
2017				1.557,2488

Elaboración propia.

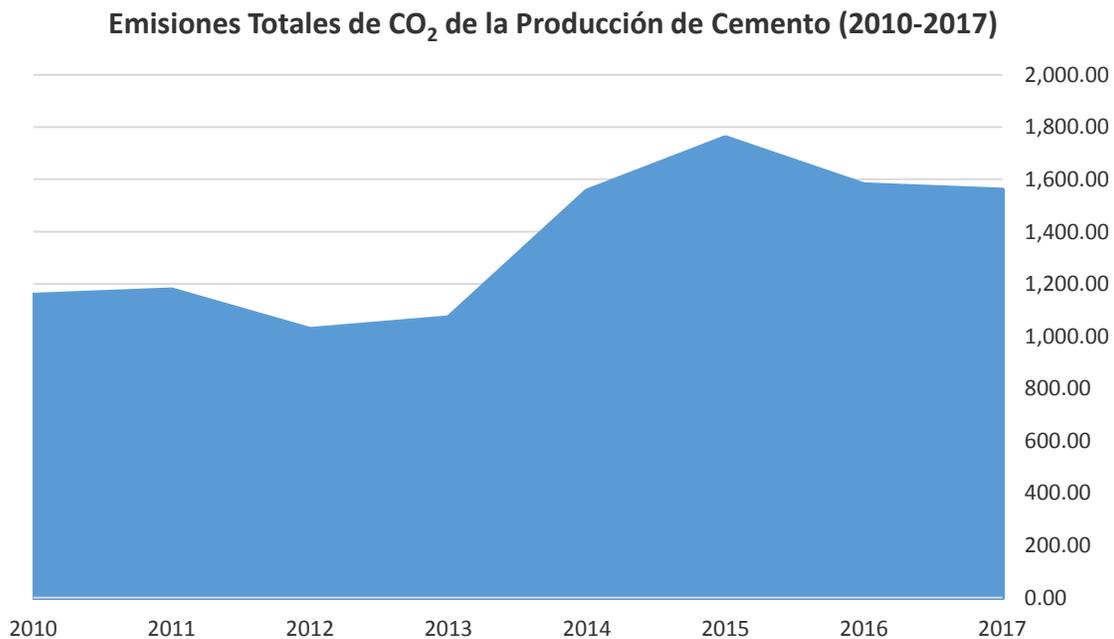
De la revisión efectuada podemos observar que la diferencia entre los distintos inventarios (incluidos en las Comunicaciones Nacionales) se deriva de la elección del nivel de metodología empleado para estimar las emisiones asociadas al sector cemento, ya que la NC3 emplea el

Nivel 1 y el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero Sector Cemento de la República Dominicana 2010-2017 emplea el Nivel 2.

Además de las referencias bibliográficas utilizadas para la selección del Nivel metodológico; en la NC3 se utilizaron las directrices del IPCC para la construcción de inventarios de emisiones y captura de GEI en su versión 2006 cuando los datos de actividad lo permitieron y, en su defecto, su versión 1996 incluyendo las Guías de Buenas Prácticas del 2000 (que mejoran la guía revisada del 1996 y 2003). En comparación, el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero Sector Cemento de la República Dominicana 2010-2017 utilizó las directrices del IPCC para la elaboración de inventarios de emisiones y captura de GEI en su versión 2006. Es por esto por lo que en la NC3 se incluye el gas  $\text{SO}_2$  y en el inventario no, ya que las Directrices del 2006 lo excluye, al ser éste absorbido en su mayoría en la producción del cemento. No obstante, el uso de los datos nacionales de producción de clínker hace que los resultados derivados de este documento sean los más precisos.

### 3.6 Series Históricas 2010-2017

A continuación, se presenta la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero para la serie histórica 2010-2017 estimada para la producción de cemento de la República Dominicana. A estos fines, se han utilizado los datos incluidos en los inventarios reportados en las comunicaciones nacionales, y los modelos de cálculo utilizados en la elaboración de este documento. Se han excluido, en todo caso, la data anterior al 2010 ya que no se ha podido verificar la misma.



**Figura 3: Serie histórica de las Emisiones de  $\text{CO}_2$  de la Producción de Cemento**

Elaboración propia.

### 3.7 Proyecciones 2030

No se han realizado proyecciones del inventario. Esto puede abordarse en futuras actualizaciones en presencia de más y mejores datos, o si se usara un nivel de estimación superior (Tier 3).

## 4. EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

### 4.1 Incertidumbre Total

La estimación de la incertidumbre para las emisiones asociadas a la producción de cemento es el resultado de las incertidumbres asociadas a los datos de la actividad y en una menor medida de la incertidumbre relacionada con el factor de emisión del clínker. Combinando la incertidumbre del factor de emisión y los datos de actividad se obtuvo una incertidumbre de  $\pm 3\%$ .

Final DRAFT

**Cuadro 8: Evaluación de Incertidumbre para la Producción de Cemento**

Categoría	Principal	Emisiones (Gg CO <sub>2</sub> )	Límite de Incertidumbre		Límite de Emisiones (Gg CO <sub>2</sub> )	
			Inferior	Superior	Inferior	Superior
Producción de cemento (2010)	Si	1,155	-3%	+3%	1,121	1,190
Producción de cemento (2011)	Si	1,176	-3%	+3%	1,140	1,211
Producción de cemento (2012)	Si	1,024	-3%	+3%	994	1,055
Producción de cemento (2013)	Si	1,069	-3%	+3%	1,037	1,101
Producción de cemento (2014)	Si	1,554	-3%	+3%	1,507	1,600
Producción de cemento (2015)	Si	1,758	-3%	+3%	1,705	1,811
Producción de cemento (2016)	Si	1,578	-3%	+3%	1,530	1,625
Producción de cemento (2017)	Si	1,557	-3%	+3%	1,511	1,604

Elaboración propia.

### 4.2 Factor de Emisiones

La fuente mayor de incertidumbre se asocia con la determinación del contenido de CaO del clínker. Como se dispone de datos sobre la producción de clínker, la incertidumbre del factor de emisión es igual a la incertidumbre de la fracción de CaO y a la asociada a suponer que éste proviene 100% del CaCO<sub>3</sub>. Esta incertidumbre es de aproximadamente 1 a 3%.

### 4.3 Datos de Actividad

La incertidumbre relacionada a los datos de actividad es consecuencia del error en el cálculo de la producción de clínker que es de 1 a 2%. En la elaboración de este documento sólo se obtuvo la producción de clínker por lo que esta incertidumbre no se consideró. En cuanto al polvo de clínker parcialmente calcinado, se asume que no existe incertidumbre porque es práctica común reincorporar el 100% del mismo a la carga de hornos en plantas recientes y de media edad.

## 5. GESTIÓN DE LA CALIDAD (QA/QC)

### 5.1 Control de la Calidad

Se realizaron exámenes de los datos y de los cálculos realizados para asegurar la integridad y exhaustividad de la información, con el objetivo de identificar errores y/o posibles omisiones a lo largo de todo el proceso de elaboración del inventario. Conjuntamente, se hicieron controles de calidad sobre los factores de emisión, los datos de actividad y las emisiones estimadas.

- Se revisaron los factores de emisión calculados para la producción de clínker ( $0.5203 \text{ tCO}_2/\text{ t clínker}$ ) en base al contenido de CaO en el clínker.
- Se revisaron los datos de actividad recopilados a nivel nacional (producción de cemento y producción de clínker). Al solicitar datos de la serie histórica 1990-2017 se observan debilidades en las referencias al origen dichos datos durante el período 1990-2010, por lo que se usó el periodo 2010-2017 cuyos datos son más consistentes y objetivamente verificables.
- No se compararon los datos de la actividad con datos económicos (PIB, consumo, etc.) con el objetivo de encontrar la explicación a las variaciones de los datos de actividad.
- Se compararon las emisiones calculadas con las emisiones informadas en inventarios anteriores, tendencias históricas y cálculos de referencia lográndose asegurar que los valores obtenidos en el presente inventario se encontraran dentro de un rango razonable.

### 5.2 Criterios de Calidad

En la preparación del inventario se han considerado los siguientes criterios de calidad:

Coherencia y exhaustividad: se realizó un examen de coherencia y exhaustividad usando los datos históricos disponibles. Los niveles de emisión de esta categoría no variaron bruscamente de un año a otro. Tampoco se observaron cambios importantes y no explicables en las emisiones.

Examen del orden de magnitud: se comparó el orden de magnitud de las emisiones estimadas en este inventario con respecto a las informadas en los ejercicios pasados. Los datos de

emisiones fueron significativamente diferentes a los obtenidos previamente, pero han sido revisados.

Cálculos de Referencia: Se revisaron los cálculos de referencia utilizados para calcular las emisiones. La metodología empleada son las del IPCC del 2006 (antes se usaron las de 1996).

### **5.3 Aseguramiento de la Calidad**

Siguiendo las recomendaciones y buenas prácticas propuestas por las Directrices del IPCC, con apoyo de la industria se realizan análisis del informe completo. Dicha revisión parte de la selección de metodologías empleadas, ecuaciones, datos de producción y factores de emisión descritos; corroborando el origen y documentación soporte de la información declarada. Con respecto a los resultados de las emisiones, no se reprocesan cálculos a nivel de industrias.

### **5.4 Generación de Informes**

Se distribuirán informes con el contenido de este inventario a los actores claves relevantes al mismo. Este grupo incluye al CNCCMDL, ADOCEM, a todas empresas productoras de cemento. No se considera remitir informes a otras entidades que han provisto datos (i.e., Banco Central).

La recolección de información fue realizada a través de contactos telefónicos y vía correo electrónico, donde se informó y envió al referente un documento con la información requerida para realizar las estimaciones. Estos referentes han respondido a tiempo con datos directos y referencias a páginas web donde son publicadas las informaciones requeridas.

La información recolectada se tomó como línea base para la realización de cálculos, esto sin disponer de nuevas actualizaciones ni datos complementarios. Luego se procedió a realizar las estimaciones de gases de efecto invernadero y gases precursores utilizando las Directrices del IPCC del 2006 (sub-categoría cemento).

### **5.5 Observaciones Generales Del Sector Cemento**

La industria del cemento en República Dominicana reconoce la importancia del esfuerzo de las autoridades de tener un inventario país sobre las emisiones de gases de efecto invernadero, a la vez que reconocen la aplicación de las Directrices del IPCC del 2006 como una metodología apropiada y avalada internacionalmente.

El sector cemento ha asumido un trabajo proactivo en relación con las causas y efectos del cambio climático; alineándose con la industria global del cemento y reconociendo la metodología IPCC, el cual está reflejado en el “Cement CO<sub>2</sub>, and Energy Protocol, Version 3.1” desarrollado por el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD).

Con el fin de contribuir a la mejora de un inventario tal como lo plantea la metodología IPCC, la industria local está trabajando en un inventario tier 3 (utilización de los datos sobre entradas de carbonatos) dentro de la metodología aplicada, lo cual mejora la calidad de los datos, reduce los márgenes de error y plantea de forma más precisa las oportunidades de mitigación.

De igual forma, la industria cementera está considerando otros factores técnicos específicos que son importantes para la producción de cemento. Por ejemplo, la industria cementera entiende que los resultados en tier 2 no reflejan la realidad de la industria, ya que las emisiones se estiman directamente de los datos sobre la producción de clinker y de un factor de emisión, y no consideran la calcinación de los carbonatos, la combustión del carbono orgánico contenido en materias primas, la combustión en horno relacionados con la producción de clinker, etc. Pero también comprende que, según la metodología del IPCC, el escalar en los tier de los inventarios sectoriales debe ser algo progresivo en comparación al último inventario presentado. Esto quiere decir, que el país dentro del sector IPPU categoría cemento, no puede pasar de un tier 1 a un tier 3, sin antes haber realizado el tier 2.

Al comparar los resultados de las emisiones de la metodología IPCC tier 2, con los resultados de las emisiones directas calculadas por la industria del cemento usando la Versión 3.1 del Protocolo Cement CO<sub>2</sub>, and Energy Protocol, desarrollado por el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), existe una diferencia de 904,000 toneladas de CO<sub>2</sub>.

**Cuadro 9: Comparación de Metodologías**

Tipos de Emisiones	Fuentes de Emisiones	IPCC Tier 2	Metodología WBCSD
		Emisiones directas Gg CO <sub>2</sub> estimadas	Emisiones directas Gg CO <sub>2</sub>
Emisiones directas	a. Producción nacional de clinker	1,557.24	-
	b. Calcinación de carbonatos (materias primas)		1,571.31
	c. Combustión del carbono orgánico contenido en materias primas	-	34
	d. Combustión en horno relacionados con la producción de clinker	-	904
	<b>Total de emisiones</b>	<b>1,557.24</b>	<b>2,510</b>

Fuente: ADOCEM.

Según el análisis de comparación entre ambos métodos existe una diferencia ya que al calcular las emisiones usando la metodología IPCC tier 2 del IPCC se está subestimando las emisiones directas de CO<sub>2</sub> de la industria local.

La industria de cemento destaca además el esfuerzo que se realiza a nivel internacional. Este se ve reflejado desde hace unos años, con la implementación de una hoja de ruta local de la industria, alineada con esta iniciativa mundial. A modo de ejemplo y según informaciones del sector cementero, se han impulsado esfuerzos en materia de co-procesamiento, eficiencia energética, reducción del factor clinker, mediante la actualización de la plataforma tecnológica y la producción.

Desde el año 2016 a la fecha, la industria local, en conjunto con la Federación Interamericana del Cemento (FICEM) viene trabajando en la elaboración de una “Hoja de Ruta hacia una economía baja en carbono” en la cual tiene como principales objetivos obtener los números correctos asociados a las emisiones de GEI, determinar el potencial de reducción, a través de mecanismos y tecnologías de reducción reconocidas, y la contribución del cemento como el material de construcción más resiliente para las necesidades de adaptación al cambio climático.

La industria cementera con el protocolo de la hoja de ruta tiene como objetivo alcanzar los indicadores descritos a continuación:

**Cuadro 10: Hoja de Ruta Industria Cementera**

Tipos de Emisiones	Fuentes de Emisiones	Potencial de reducción
<b>1. Emisiones directas</b>	a. Calcinación de carbonatos (materias primas)	Bajo
	b. Combustión del carbono orgánico contenido en materias primas	Bajo
	c. Combustión en horno relacionados con la producción de Clinker	Alto
	d. Combustión de combustibles no utilizados en el horno	Bajo
	e. Combustión de combustibles para la generación de energía <i>in situ</i>	Bajo
	f. Tipos de combustibles ( convencionales, alternativos y biomasa)	Alto
	g. Tipos de materias primas alternativas	Alto
	h. Tipos de productos (clinker, cementitious, cemento)	Alto
	i. Eficiencia térmica en producción de clinker	Bajo
<b>2. Emisiones indirectas</b>	j. Electricidad comprada por las cementeras	Bajo
	k. Clinker comprado y mezclado con la producción	Alto
	l. Eficiencia eléctrica	Bajo

Fuente: ADOCEM

La industria cementera dominicana consta que está a disposición de colaborar y aportar en la reducción de emisiones de GEI de una manera sostenible. Estos entienden que es necesario continuar avanzando de manera conjunta en fortalecer los mecanismos de medición, reporte y

verificación, a modo de que el país pueda avanzar en sus compromisos asumidos ante organismos internacionales y en concordancia con una política nacional ambientalmente responsable.

Final DRAFT

## 6. REFERENCIAS

- Asociación Dominicana de Productores de Cemento Portland (2018). *En Ruta hacia la Sostenibilidad – Informe Anual 2017*. ADOCEM: Santo Domingo
- Banco Central (2011). Boletín Trimestral Octubre-Diciembre 2010. Banco Central: Santo Domingo.
- Banco Central (2016). Boletín Trimestral Octubre-Diciembre 2015. Banco Central: Santo Domingo.
- Banco Central (2017). Boletín Trimestral Octubre-Diciembre 2016. Banco Central: Santo Domingo.
- Banco Central (2018). Boletín Trimestral Octubre-Diciembre 2017. Banco Central: Santo Domingo.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Volume 3: Industrial Processes and Product Use*. IGES: Tokio.
- Instituto Dominicano de la Calidad (2009). *Reglamento Técnico Dominicano RTD 178:2009 - Cementos Hidráulicos. Cementos Portland. Especificaciones y Clasificaciones*. INDOCAL: Santo Domingo.

## ANEXOS

### Anexo A: Contactos Consultados

**Julissa Báez**

Directora Ejecutiva

Asociación Dominicana de Productores de Cemento Portland (ADOCEM)

[jbaez@adocem.org](mailto:jbaez@adocem.org)

**Moisés Álvarez**

Director Técnico

Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio (CNCCMDL)

[m.alvarez@cambioclimatico.gob.do](mailto:m.alvarez@cambioclimatico.gob.do)

**Maira Margarita García S.**

Departamento de Estadística

Dirección General de Aduanas (DGA)

[ma.garcia@dga.gov.do](mailto:ma.garcia@dga.gov.do)

Final DRAFT

**Ian Abud Leroux**

Coordinador Técnico-R

Departamento de Cuentas Nacionales y Estadísticas Económicas

Banco Central (BC)

[i.abud@bancentral.gov.do](mailto:i.abud@bancentral.gov.do)

## Anexo B Hojas de Cálculo

### Anexo b: Inventario de emisiones de GEI Sector Cemento RD 2010-2017 (TIER 2)

	a	b	c	d	e = b*c*d	f = e / 1000
Serie Temporal	Producción de Cemento	Producción de Clínter	Factor de Emisiones CO2	Corrección por efecto de CKD	Emisiones de CO2	Emisiones de CO2
año	t	t cl	t CO2 /t cl	-	t CO2	Gg CO2
2010	4,105,657	2,220,256	0.5101	1.02%	1,155,203.6	1,155.2036
2011	3,996,502	2,259,565			1,164,360.7	1,164.3607
2012	4,129,678	1,968,572			1,014,411.1	1,014.4111
2013	4,404,210	2,053,806			1,058,332.4	1,058.3324
2014	5,018,931	2,985,973			1,538,680.9	1,538.6809
2015	5,180,931	3,378,929			1,741,172.3	1,741.1723
2016	5,171,069	3,032,226			1,562,515.2	1,562.5152
2017	5,253,660	2,992,971			1,542,287.0	1,542.2870

#### Fuentes

- a) Estadísticas publicadas por el Banco Central. Disponibles en [www.bancentral.gov.do](http://www.bancentral.gov.do).
- b) Estadísticas publicadas por el Banco Central. Disponibles en [www.bancentral.gov.do](http://www.bancentral.gov.do).
- c) Valor por defecto del IPCC (Directrices del IPCC de 2006 - volumen 3, capítulo 2)
- d) Valor por defecto del IPCC (Directrices del IPCC de 2006 - volumen 3, capítulo 2)

#### Factor de Emisión de CO<sub>2</sub> del Clínter (EFCO<sub>2</sub> cli)

Parametro	Descripción	Valor	Unidad	Comentario
CaO cl	Contenido de CaO en el Clínter	65%	%	100% del CaO proviene del CaCO <sub>3</sub>
	Peso fórmula CaCO <sub>3</sub>	100.0869	g/mol	
	Peso fórmula CO <sub>2</sub>	44.0107	g/mol	43.97%
	Peso fórmula CaO	56.0774	g/mol	56.03%
	Cantidad de CaCO <sub>3</sub> para producir 1 tonelada de Clínter	1.1601	t CaCO <sub>3</sub>	
<b>EF CO<sub>2</sub> (b)</b>	<b>Factor de emisiones de CO<sub>2</sub> del Clínter (bruto)</b>	<b>0.5101</b>	<b>t CO<sub>2</sub> /t cl</b>	
CKD	Factor de corrección del CKD	2%	%	
<b>EF CO<sub>2</sub> (n)</b>	<b>Factor de emisiones de CO<sub>2</sub> del Clínter (neto)</b>	<b>0.5203</b>	<b>t CO<sub>2</sub> /t cl</b>	

**Anexo b: Inventario de emisiones de GEI Sector Cemento RD 2010-2017 (TIER 1)**

	a	b	c = a x b	d	e	f = c + d - e	g	h = f x g
Serie Temporal	Producción de Cemento	Factor de Clínter	Producción de Clínter	Importaciones de Clínter	Exportaciones de Clínter	Consumo Neto de Clínter	Factor de Emisiones CO2	Emisiones de CO2
año	t	%	t cli	t cli	t cli	t cli	t CO2 /t cli	Gg CO2
2000	2,520,752	95%	2,394,714			2,394,714	0.5203	1,245.9699
2001	2,745,980		2,608,681			2,608,681		1,357.2967
2002	3,050,430		2,897,909	1,939,374		4,837,283		2,516.8382
2003	2,783,167		2,644,009	1,683,545	14	4,327,540		2,251.6193
2004	2,653,639		2,520,957	1,154,752		3,675,709		1,912.4715
2005	2,778,708		2,639,773	983,159	3	3,622,929		1,885.0102
2006	3,706,784		3,521,445	123,291	8,593	3,636,143		1,891.8853
2007	4,077,337		3,873,470	83,456	103,227	3,853,700		2,005.0799
2008	4,206,612		3,996,281	86,497	95,691	3,987,088		2,074.4818
2009	3,852,176		3,659,567	107,774	100,227	3,667,114		1,907.9993
2010	4,112,362		3,906,744	49,535	32,067	3,924,212		2,041.7673
2011	3,996,502		3,796,677	43,642	34,629	3,805,690		1,980.1005
2012	4,129,678		3,923,194	80,296	125,448	3,878,041		2,017.7449
2013	4,404,210		4,184,000	163,110	91,732	4,255,377		2,214.0728
2014	5,018,931		4,767,984	410,617	28,425	5,150,177		2,679.6369
2015	5,180,931		4,921,884	340,987	34,352	5,228,519		2,720.3986
2016	5,171,069		4,912,516	205,355	16,060	5,101,811		2,654.4722
2017	5,253,660	4,990,977	321,836	39,682	5,273,131	2,743.6102		

**Factor de Emisión de CO<sub>2</sub> del Clínter (EFCO<sub>2</sub> cli)**

Parametro	Descripción	Valor	Unidad	Comentario
CaO cli	Contenido de CaO en el Clínter	65%	%	100% del CaO proviene del CaCO <sub>3</sub>
	Peso fórmula CaCO <sub>3</sub>	100.0869	g/mol	
	Peso fórmula CO <sub>2</sub>	44.0107	g/mol	43.97%
	Peso fórmula CaO	56.0774	g/mol	56.03%
	Cantidad de CaCO <sub>3</sub> para producir 1 tonelada de Clínter	1.1601	t CaCO <sub>3</sub>	
<b>EF CO<sub>2</sub> (b)</b>	<b>Factor de emisiones de CO<sub>2</sub> del Clínter (bruto)</b>	<b>0.5101</b>	<b>t CO<sub>2</sub> /t cl</b>	
CKD	Factor de corrección del CKD	2%	%	
<b>EF CO<sub>2</sub> (n)</b>	<b>Factor de emisiones de CO<sub>2</sub> del Clínter (neto)</b>	<b>0.5203</b>	<b>t CO<sub>2</sub> /t cl</b>	

Apoyo para el Plan de Desarrollo Económico Compatible con el Cambio Climático  
de la República Dominicana, en los Sectores Cemento y Residuos

# **Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de la República Dominicana**

**ADDENDUM INGEI IPPU. SECTOR CAL 2004-2017**

# CONTENIDO

LISTA DE ACRONIMOS.....	1
1. GENERALIDADES DEL SECTOR CAL.....	2
1.1 Producción de Cal .....	2
2. INVENTARIO DE EMISIONES 2004-2017 .....	3
2.1 Descripción de la Fuente.....	3
2.2 Aspectos Metodológicos.....	4
2.3 Datos de Actividad .....	6
2.4 Factor de Emisiones .....	6
2.5 Emisiones Calculadas .....	7
2.6 Exhaustividad del Inventario.....	7
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	8
3.1 Elección del Método .....	8
3.2 Ecuaciones Utilizadas.....	9
3.3 Factores por Defecto.....	9
3.4 Datos de Actividad .....	9
3.5 Series Históricas 2004-2017.....	9
3.6 Proyecciones 2030 .....	10
4. EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE .....	10
4.1 Incertidumbre Total .....	10
4.2 Factor de Emisiones .....	10
4.3 Datos de Actividad .....	11
5. GESTIÓN DE LA CALIDAD (QA/QC).....	11
5.1 Control de la Calidad.....	11
5.2 Criterios de Calidad.....	11
5.3 Aseguramiento de la Calidad .....	12
5.4 Generación de Informes .....	12
6. REFERENCIAS.....	13

## LISTA DE ACRONIMOS

CNCCMDL	Consejo Nacional del Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LKD	Polvo de Horno de Cal (el inglés, Lime Kiln Dust)

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe de consultoría se corresponde con el inventario de emisiones de gases efecto invernadero para el sector Procesos Industriales de República Dominicana del año 2014.

Los resultados de emisiones de GEI del Sector Procesos Industriales se obtuvieron a partir de la cuantificación de datos de producción/consumo del producto industrial específico y de su factor de emisión unitario, siguiendo lo descrito por el IPCC. Las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente se deben en forma importante a las emisiones de la industria del cemento, Cal y del ferroníquel.

La metodología utilizada en este inventario, son las Directrices del 2006 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático para la Elaboración de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (Volumen 3: Procesos Industriales y Uso de Productos; Capítulo 2: Industrias Minerales; Categoría B: Producción de Cal).

Se presenta a continuación, un resumen de los criterios y consideraciones incluidos:

### Resumen del inventario de emisiones de GEI del sector Cal 2004-2017

<b>Sector</b>	Procesos Industriales y Uso de Productos
<b>Renglón</b>	Industrias Minerales
<b>Categoría</b>	Producción de Cal
<b>Categoría principal</b>	Si
<b>Gases incluidos</b>	CO <sub>2</sub>
<b>Descripción/ Definición de la categoría y/o fuente</b>	El óxido de Calcio (CaO o Cal viva) se forma al Calentar la piedra Caliza para descomponer los carbonatos. Se hace generalmente en hornos de caña u hornos rotatorios a altas temperaturas y en el proceso se libera CO <sub>2</sub> .
<b>Ecuaciones utilizadas</b>	$Emisiones\ CO_2 = M_{cal} \times EF_{cal}$ <p>Donde:  Emisiones de CO<sub>2</sub> = emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la producción de Cal (en toneladas)  MCal = peso (masa) de la Cal producida (en toneladas)  EFCal = factor de emisión de CO<sub>2</sub> de la Cal (en toneladas CO<sub>2</sub>/ toneladas de Cal).</p>
<b>Observaciones</b>	No es necesario dar cuenta del LKD para una <i>buena práctica</i> de Nivel 1.
<b>Referencia</b>	IPCC, 2006: <i>Directrices del 2006 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático para la Elaboración de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (Volumen 3: Procesos Industriales y Uso de Productos; Capítulo 2: Industrias Minerales; Categoría B: Producción de Cal).</i>
<b>¿Describir cómo y porqué este método fue elegido?</b>	En la República Dominicana se produce Cal, por lo que esta categoría de emisiones es considerada como importante/relevante y, al efecto, dichas emisiones deben considerarse. Como no hay datos locales de

	producción de tipos de Cales a nivel de planta que estén públicamente disponibles, se selecciona el método de primer nivel (Tier1), que considera la data agregada de producción de Cal a nivel nacional.
<b>Métodos de control de Calidad (QC) y de aseguramiento de la Calidad (QA)</b>	Los cálculos han sido elaborados en base a información públicamente disponible. Los datos son almacenados en los archivos del Proyecto ZACK, teniendo una copia de respaldo; y distribuyendo copias electrónicas al CNCCMDL y la Industria.

En el cuerpo del presente documento, se incluyen todas las consideraciones metodológicas y de rigor para la socialización del inventario actualizado y para su monitoreo regular.

## 1. GENERALIDADES DEL SECTOR CAL

### 1.1 Producción de Cal

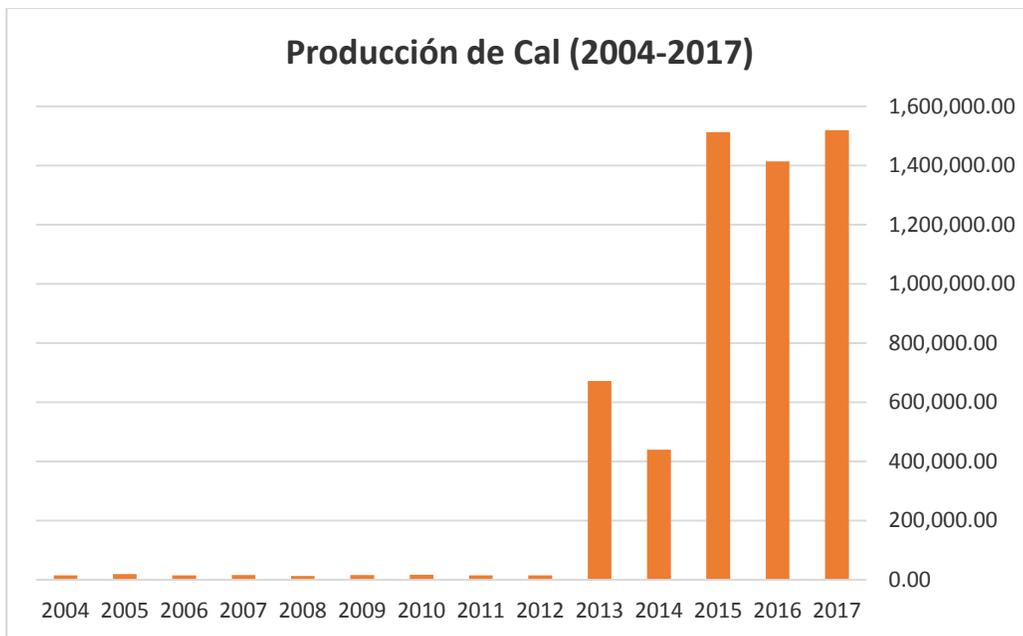
En los últimos 5 años, la producción de Cal en la República Dominicana ha crecido con la entrada en la producción de la compañía BARRICK PVDC. La industria ha pasado de unas 15 mil toneladas en el 2012 hasta unas 1.5 millones de toneladas en el 2017. Actualmente, en el país operan dos (2) empresas (*cuadro 1*).

***Cuadro 1: Empresas Productoras de Cal en la República Dominicana (2018)***

Empresa	Ubicación	Producción Cal (t)
PROCALSA	San Pedro de Macorís, San Pedro	19,622.00
BARRICK PVDC	Palo Amarillo, Santiago	1,500,000.00
<b>CAPACIDAD TOTAL</b>		<b>1,519,622.00</b>

Fuente: Dirección General de Minería (2018).

Según cifras oficiales, la producción nacional de Cal ha aumentado en los últimos 5 años (*Figura 1*). Esta producción es suficiente para satisfacer el mercado local y exportar excedentes.



**Figura 1: Producción de Cal en la República Dominicana (2004-2017)**

Fuente: Dirección General de Minería (2018).

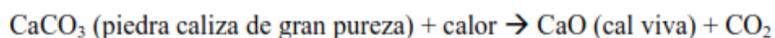
A partir de 2013 existe un aumento significativo en la capacidad producción de cal debido al comienzo de operación de la compañía BARRICK, la cual aumentó en 1,500,000 toneladas la capacidad de producción de cal.

## 2. INVENTARIO DE EMISIONES 2004-2017

### 2.1 Descripción de la Fuente

El óxido de Calcio (CaO o Cal viva) se forma al Calentar la piedra Caliza para descomponer los carbonatos. Se hace generalmente en hornos de caña u hornos rotatorios a altas temperaturas y en el proceso se libera CO<sub>2</sub>.

Según los requerimientos del producto (p.ej., metalurgia, pulpa y papel, materiales de construcción, tratamiento de efluentes, ablandamiento de aguas, control del pH y estabilización de suelos), se utiliza principalmente la piedra Caliza con fuerte proporción de Calcio (Calcita), según la reacción siguiente:



La dolomita y las piedras Calizas dolomíticas (con fuerte proporción de magnesio) pueden también procesarse a altas temperaturas para obtener Cal dolomítica (y liberar CO<sub>2</sub>) según la reacción siguiente:

$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  (dolomita) + Calor →  $\text{CaO}\cdot\text{MgO}$  (Cal de dolomita) +  $2\text{CO}_2$ . En algunas instalaciones, se produce también Cal hidratada (apagada) mediante operaciones adicionales de hidratación.

La producción de Cal se realiza en una serie de etapas, incluida la extracción de las materias primas, la trituración y el Calibrado, la Calcinación de las materias primas para producir Cal y (si se requiere) la hidratación de la Cal para obtener hidróxido de Calcio.

En algunos casos, el consumo de cal como producto puede no resultar en emisiones netas de  $\text{CO}_2$  la cual reaccione con la cal para volver a formar carbonato de Calcio, lo cual no produce emisiones de  $\text{CO}_2$  atmósfera. Por ejemplo, el uso de la cal hidratada para ablandar las aguas resulta en emisión de  $\text{CO}_2$  hacia la atmósfera. De manera similar, el carbonato de Calcio precipitado usado en la industria del papel y otras aplicaciones industriales es un producto derivado de la reacción entre el  $\text{CO}_2$  y la Cal viva con fuerte proporción de Calcio.

Durante el proceso de la refinación del azúcar, se utiliza la Cal para eliminar las impurezas del jugo de caña crudo; todo exceso de Cal puede eliminarse mediante carbonización. En estas industrias específicas, toda re-carbonización puede calcularse y declararse sólo donde se empleen métodos probados y validados para calcular la cantidad de  $\text{CO}_2$  que reacciona con la Cal para volver a formar el carbonato de Calcio. Allí donde se cumplan estas condiciones, esto puede declararse bajo la Categoría 2H, Otros.

Durante la producción de Cal puede generarse polvo de horno de Cal (LKD, del inglés, Lime Kiln Dust). Las estimaciones de emisiones determinadas mediante el Nivel 2 y el Nivel 3 deben dar cuenta de las emisiones asociadas con el LKD.

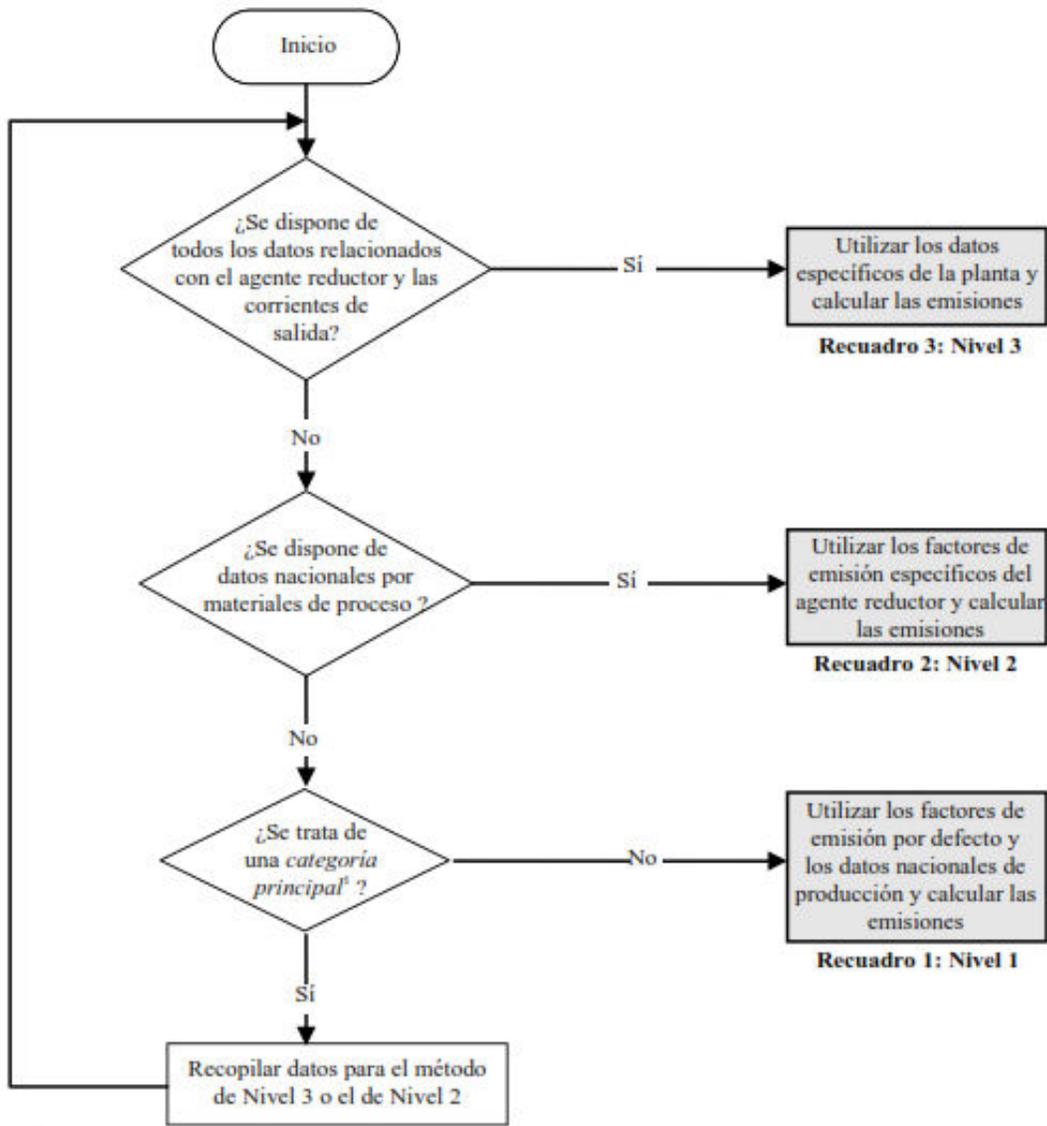
## 2.2 Aspectos Metodológicos

Existen diversos métodos para calcular las emisiones asociadas a la producción de Cal.

- En el método de Primer Nivel (Tier 1), las emisiones se basan en la aplicación de un factor de emisión por defecto a los datos nacionales de producción de Cal. No es necesario dar cuenta del LKD.
- En el método de Segundo Nivel (Tier 2), las emisiones se estiman directamente de los datos de nivel nacional sobre los tipos de Cal producidos. Se deben obtener las proporciones típicas de producto de Cal respecto de producción de LKD al nivel de planta.
- El método de Tercer Nivel (Tier 3), es un cálculo basado en los tipos y cantidades de carbonatos consumidos para producir Cal, así como sobre el (o los) factores de emisión respectivos del (o de los) carbonatos consumidos.

Si se considera que los datos de nivel de planta son poco fiables o muy inciertos (actualmente no existe un sistema de colección de data a nivel nacional del sector), entonces la buena práctica es usar el Tier 1. No obstante, la elección del método más apropiado debe basarse en las *circunstancias nacionales*, en especial las relacionadas al acceso a información.

La figura 2 ilustra el proceso para la elección del método de cálculo basado en la data disponible.



**Figura 2: Árbol de Decisión para la Selección del Método de Cálculo**

Fuente: IPCC (2006)

Con base a la información disponible públicamente, el presente documento emplea el método de segundo nivel (Tier 1) para la estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción de Cal.

Con el Tier 1, las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la producción de Cal se Calculan como:

**Fórmula 1: Emisiones Basadas en la Producción de Cal (Tier 1)**

$$Emisiones\ CO_2 = M_{cal} \times EF_{cal}$$

Donde:

Emissiones de CO<sub>2</sub> = emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la producción de Cal, en toneladas

Mcl = peso (masa) de Cal producida (toneladas)

EFcl = factor de emisión de CO<sub>2</sub> de la Cal (toneladas de CO<sub>2</sub>/toneladas de Cal)

## 2.3 Datos de Actividad

Los datos de actividad fueron suministrados por la Dirección General de Minería del Ministerio de Energía y Minas de la República Dominicana.

**Cuadro 2: Producción Nacional de Cal (2004 - 2017)**

Serie Temporal	Producción		Producción Nacional
	PROCALCA (T.M.)	BARRICK PVDC (T.M.)	TOTAL CAL PRODUCIDA (T.M.)
2004	14,686.00	0.00	14,686.00
2005	19,173.00	0.00	19,173.00
2006	15,003.00	0.00	15,003.00
2007	15,953.00	0.00	15,953.00
2008	12,541.00	0.00	12,541.00
2009	15,433.00	0.00	15,433.00
2010	16,410.00	0.00	16,410.00
2011	14,957.00	0.00	14,957.00
2012	14,447.00	0.00	14,447.00
2013	12,812.00	659,000.00	671,812.00
2014	11,854.00	428,000.00	439,854.00
2015	12,722.00	1,500,000.00	1,512,722.00
2016	14,526.00	1,400,000.00	1,414,526.00
2017	19,622.00	1,500,000.00	1,519,622.00
Total	<b>210,139.00</b>	<b>5,487,000.00</b>	<b>5,697,139.00</b>

Fuente: Dirección General de Minería, 2018.

En este caso, las Directrices del IPCC indican que es una buena práctica utilizar los datos de la producción de Cal de las estadísticas nacionales (IPCC, 2006). El uso de esta información reduce el margen de incertidumbre de los cálculos.

## 2.4 Factor de Emisiones

El Nivel 1 es un método basado en las salidas y aplica un factor de emisión a la cantidad total de Cal producida.

El factor de emisión se basa en los cocientes estequiométricos, que varían según el tipo de Cal producida. El cociente estequiométrico representa la cantidad de CO<sub>2</sub> liberada por el carbonato

precursor de la Cal, si se supone que el grado de Calcinación alcanzado es del 100 por ciento y que no hay LKD.

Por ejemplo, 1 tonelada de CaO requiere la Calcinación de 1,785 toneladas de CaCO<sub>3</sub>, lo cual libera 0,785 toneladas de CO<sub>2</sub> si la Calcinación es completa.

En ausencia de datos específicos del país, es una buena práctica suponer un 85 por ciento de producción de Cal con fuerte proporción de Calcio y un 15 por ciento de producción de Cal de dolomita (Millar, 1999). Sobre esta base, la figura 3 ilustra cómo Calcular el factor de emisión de Nivel 1 para la producción de Cal.

**NIVEL 1: FACTOR DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA LA PRODUCCIÓN DE CAL**

$$\begin{aligned}
 EF_{cal} &= 0,85 \cdot EF_{cal \text{ con fuerte proporción de calcio}} + 0,15 \cdot EF_{cal \text{ de dolomita}} \\
 &= 0,85 \cdot 0,75 + 0,15 \cdot 0,77^a \\
 &= 0,6375 + 0,1155 \\
 &= 0,75 \text{ toneladas de CO}_2 / \text{toneladas de cal producida}
 \end{aligned}$$

**Figura 3: Factor de Emisión para la producción de Cal**

Fuente: IPCC (2006)

## 2.5 Emisiones Calculadas

Las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la producción de Cal se estimaron con el método de nivel 1, basado en data disponible públicamente.

**Cuadro 3: Emisiones de CO<sub>2</sub> del Sector Cal (2004 - 2017)**

Serie Temporal	Producción		Producción Nacional	Factor Emisión Tn CO2	Emisiones	
	PROCALCA (T.M.)	BARRICK PVDC (T.M.)	TOTAL CAL PRODUCIDA (T.M.)		Tn CO2 eq	Gg CO2 eq
2004	14,686.00	0.00	14,686.00	0.75	11,014.50	11.01
2005	19,173.00	0.00	19,173.00		14,379.75	14.38
2006	15,003.00	0.00	15,003.00		11,252.25	11.25
2007	15,953.00	0.00	15,953.00		11,964.75	11.96
2008	12,541.00	0.00	12,541.00		9,405.75	9.41
2009	15,433.00	0.00	15,433.00		11,574.75	11.57
2010	16,410.00	0.00	16,410.00		12,307.50	12.31
2011	14,957.00	0.00	14,957.00		11,217.75	11.22
2012	14,447.00	0.00	14,447.00		10,835.25	10.84
2013	12,812.00	659,000.00	671,812.00		503,859.00	503.86
2014	11,854.00	428,000.00	439,854.00		329,890.50	329.89
2015	12,722.00	1,500,000.00	1,512,722.00		1,134,541.50	1,134.54
2016	14,526.00	1,400,000.00	1,414,526.00		1,060,894.50	1,060.89
2017	19,622.00	1,500,000.00	1,519,622.00	1,139,716.50	1,139.72	

Elaboración propia.

## 2.6 Exhaustividad del Inventario

Para una buena práctica se necesitan datos de la actividad (esto es, de la producción de Cal) completos. Es típico que la producción declarada dé cuenta sólo de una parte de la producción

real, pues las estadísticas sobre la producción de Cal pueden considerar sólo los productos vendidos en el mercado. Ni el uso ni la producción de Cal como producto intermedio no comercial son debidamente contabilizados ni declarados. Por ejemplo, los ingenios azucareros y muchas otras industrias (ej. acero, ceniza de sosa sintética, carburo de Calcio, magnesia y metal de magnesio, fundiciones de cobre) producen Cal. Sin embargo, no lo declaran a los organismos nacionales. La omisión de estos datos puede conducir a una estimación insuficiente de la producción de Cal de un país por un factor de dos (2) o más. Igualmente, puede existir una producción de Cal a la escala comunal o de carácter artesanal con fines sanitarios o para usos en el blanqueado. Toda producción de Cal debe ser declarada en esta categoría de fuente, fuere producida en hornos de Cal como producto comercial, o bien producida como sustancia para la alimentación a procesos de carácter no comercial.

Los compiladores del inventario deben tomar precauciones para evitar el cómputo doble o las omisiones entre esta categoría de fuente y las emisiones debidas al consumo de piedra Caliza y de dolomita. Otro origen potencial de cómputo doble que el compilador del inventario debe tener en mente está asociada con la Cal hidratada. Si la producción de Cal se corrige para la Cal hidratada sin primero establecer que la Cal empleada para producir Cal hidratada esté incluida en la producción total de Cal, la producción de este tipo de Cal puede ser contabilizada de manera doble.

Al igual que para el análisis sobre el cemento, cuando se usa el Nivel 3 es importante que se dé cuenta de todas las entradas de carbonatos (p. ej., piedra Caliza, dolomita, etc.) sobre una base específica de la planta.

Por último, los morteros a base de Cal utilizados en la construcción aumentan su resistencia a través de absorción de CO<sub>2</sub>, pero los índices de la reacción de carbonización que ocurre en la práctica son muy inciertos. Se considera que este proceso de carbonización en los morteros puede demorar meses o hasta decenios, por ende, no se ha factorizado en los cálculos de emisiones. Actualmente, no se considera una buena práctica incluir este factor en los cálculos de las emisiones. Ésta es un área de trabajo futuro y previo a su inclusión en los inventarios nacionales.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Elección del Método

En la Sección 2.2 se presentaron los tres (3) métodos que -según las metodologías del IPCC- se pueden utilizar para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la producción de Cal. Para efectos del presente inventario, la estimación de la serie histórica 2004-2017 se realizó con el método de cálculo de primer nivel (Tier 1). No existen datos para aplicar el método Tier 2 o 3.

### 3.2 Ecuaciones Utilizadas

Como en la República Dominicana se produce Cal, la producción de Cal es una categoría principal de fuente de emisiones para el país. Por esta razón, se emplea el método de primer Nivel (Tier 1) para la estimación y el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> de dicho sector.

### 3.3 Factores por Defecto

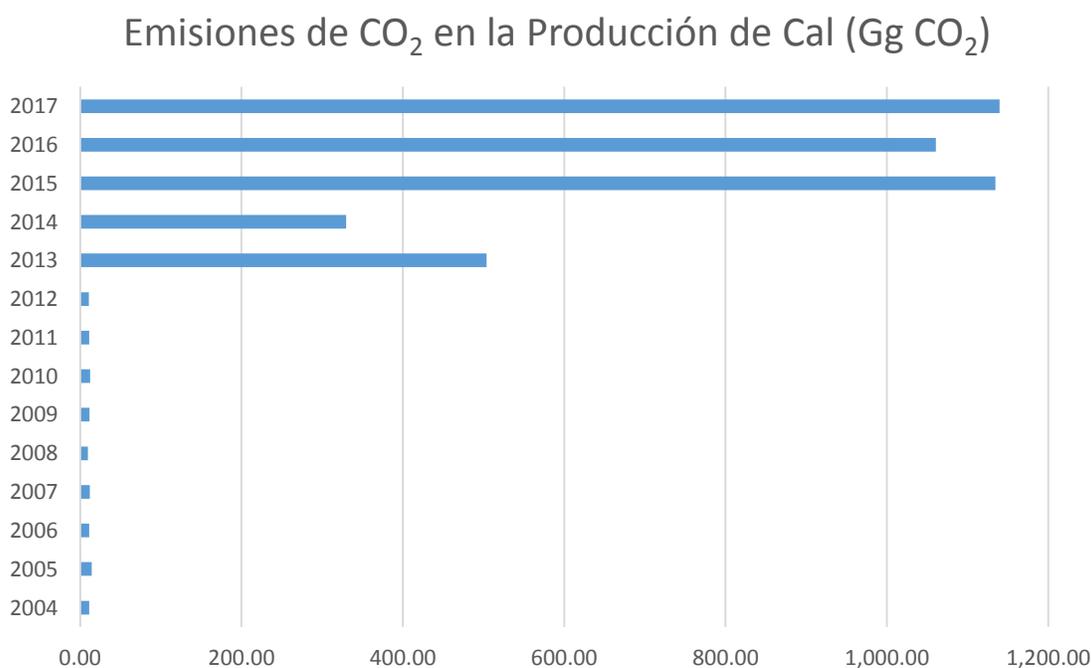
Se ha utilizado un factor de emisiones de la Cal (FECal) de 0.75 toneladas de CO<sub>2</sub> por tonelada de Cal. Este es un valor conservador que pueden mejorarse al utilizar datos específicos a nivel de planta (Tier 3).

### 3.4 Datos de Actividad

Los datos de producción de Cal son obtenidos de la Dirección General de Minería del Ministerio de Energía y Minas.

### 3.5 Series Históricas 2004-2017

A continuación, se presenta la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero para la serie histórica 2004-2017 de producción de Cal de la República Dominicana.



**Figura 4: Serie histórica de las Emisiones de CO<sub>2</sub> de la Producción de Cal**  
Elaboración propia.

### 3.6 Proyecciones 2030

No se han realizado proyecciones del inventario. Esto puede abordarse en futuras actualizaciones en presencia de más y mejores datos, o si se usara un nivel de estimación superior (Tier 2).

## 4. EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE

### 4.1 Incertidumbre Total

La estimación de la incertidumbre para las emisiones asociadas a la producción de Cal es el resultado de las incertidumbres asociadas a los datos de la actividad y en una menor medida de la incertidumbre relacionada con el factor de emisión de la Cal. Combinando la incertidumbre del factor de emisión y los datos de actividad se obtuvo una incertidumbre de  $\pm 8\%$ .

**Cuadro 8: Evaluación de Incertidumbre para la Producción de Cal**

TOTAL CAL PRODUCIDA (T.M.)	Emisiones Gg CO2 eq	Límite de Incertidumbre		Límite de Emisiones Gg CO2 eq	
		Inferior	Superior	Inferior	Superior
14,686.00	11.01	-8%	8%	10.13	11.90
19,173.00	14.38	-8%	8%	13.23	15.53
15,003.00	11.25	-8%	8%	10.35	12.15
15,953.00	11.96	-8%	8%	11.01	12.92
12,541.00	9.41	-8%	8%	8.65	10.16
15,433.00	11.57	-8%	8%	10.65	12.50
16,410.00	12.31	-8%	8%	11.32	13.29
14,957.00	11.22	-8%	8%	10.32	12.12
14,447.00	10.84	-8%	8%	9.97	11.70
671,812.00	503.86	-8%	8%	463.55	544.17
439,854.00	329.89	-8%	8%	303.50	356.28
1,512,722.00	1,134.54	-8%	8%	1,043.78	1,225.30
1,414,526.00	1,060.89	-8%	8%	976.02	1,145.77
1,519,622.00	1,139.72	-8%	8%	1,048.54	1,230.89

Elaboración propia.

### 4.2 Factor de Emisiones

En los Niveles 1 y 2, el cociente estequiométrico es un número exacto y por lo tanto, la incertidumbre del factor de emisión es la incertidumbre de la composición de la Cal, en particular, la de la parte de Cal hidráulica (la incertidumbre del factor de emisión de la Cal hidráulica es del 15 por ciento y la incertidumbre para otros tipos de Cal es del 2 por ciento). Hay una incertidumbre asociada a la determinación del contenido de CaO y/o en CaO•MgO de la Cal producida. Por tanto, la incertidumbre del factor de emisión usado es del 2%.

### 4.3 Datos de Actividad

Al basarse en la experiencia de recolección de datos sobre la Cal, resulta probable que la incertidumbre para los datos de actividad sea superior a la de los factores de emisión. La omisión de la producción de Cal no comercial puede conducir a subestimaciones en el orden de magnitud. La corrección para la Cal hidratada conduce generalmente a una incertidumbre adicional. Según las directrices del IPCC, la incertidumbre asociada al dato de actividad para Nivel 1 es de cuatro (4) a ocho (8) %.

## 5. GESTIÓN DE LA CALIDAD (QA/QC)

### 5.1 Control de la Calidad

Se realizaron exámenes de los datos y de los cálculos realizados para asegurar la integridad y exhaustividad de la información, con el fin de identificar errores y/o posibles omisiones a lo largo de todo el proceso de elaboración del inventario. Además, se hicieron controles de Calidad sobre los factores de emisión, los datos de actividad y las emisiones estimadas.

- Se revisaron los factores de emisión Calculados para la producción de Cal (0.75 tCO<sub>2</sub>/ t Cal).
- Se revisaron los datos de actividad recopilados a nivel nacional (producción de Cal).
- No se compararon los datos de la actividad con datos económicos (PIB, consumo, etc.) con el objetivo de encontrar la explicación a las variaciones de los datos de actividad.

### 5.2 Criterios de Calidad

En la preparación del inventario se han considerado los siguientes criterios de Calidad:

Coherencia y exhaustividad: se realizó un examen de coherencia y exhaustividad usando los datos históricos disponibles. Los niveles de emisión de esta categoría no variaron bruscamente de un año a otro. Tampoco se observaron cambios importantes y no explicables en las emisiones.

Examen del orden de magnitud: se comparó el orden de magnitud de las emisiones estimadas en este inventario con respecto a las informadas en los ejercicios pasados. Los datos de emisiones fueron significativamente diferentes a los obtenidos previamente, pero han sido revisados.

Cálculos de Referencia: Se revisaron los cálculos de referencia utilizados para Calcular las emisiones. La metodología empleada son las del IPCC del 2006 (antes se usaron las de 1996).

### **5.3 Aseguramiento de la Calidad**

Siguiendo las recomendaciones y buenas prácticas propuestas por las Directrices del IPCC, con apoyo de la industria se realizan análisis del informe completo. Dicha revisión parte de la selección de metodologías empleadas, ecuaciones, datos de producción y factores de emisión descritos; corroborando el origen y documentación soporte de la información declarada. Con respecto a los resultados de las emisiones, no se reprocesan cálculos a nivel de industrias.

### **5.4 Generación de Informes**

Se distribuirán informes contentivos de este inventario a los actores clave relevantes al mismo. Este grupo incluye al CNCCMDL y a todas empresas productoras de Cal. No se considera remitir informes a otras entidades que han provisto datos (i.e., Dirección General de Minería).

La obtención de la información fue realizada por puntos foCales o referentes de diversas organizaciones. Se contactaron vía llamadas telefónicas y comunicación por correo electrónico. Se les envió un documento con la información requerida para realizar las estimaciones. Las informaciones se recabaron de forma efectiva y se utilizaron para la línea de base para la realización de los cálculos. Luego, se procedió a realizar las estimaciones de gases de efecto invernadero y gases precursores utilizando las Directrices del IPCC del 2006 (sub-categoría Cal).

## 6. REFERENCIAS

Dirección General de Minería (2018).

Intergovernmental Panel on Climate Change (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Volume 3: Industrial Processes and Product Use*. IGES: Tokio.

Apoyo para el Plan de Desarrollo Económico Compatible con el Cambio Climático de la República Dominicana, en los Sectores Cemento y Residuos

# Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de la República Dominicana

**ADDENDUM INGEI IPPU. SECTOR FERRONIQUEL  
1999-2017**

## CONTENIDO

LISTA DE ACRONIMOS.....	3
1. GENERALIDADES DEL SECTOR FERRONÍQUEL.....	5
1.1 Producción de Ferroníquel.....	5
2. INVENTARIO DE EMISIONES 1999-2017 .....	7
2.1 Descripción de la Fuente.....	7
2.2 Aspectos Metodológicos.....	8
2.3 Datos de Actividad .....	10
2.4 Factor de Emisiones .....	11
2.5 Emisiones Calculadas .....	11
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	11
3.1 Elección del Método .....	11
3.2 Ecuaciones Utilizadas.....	12
3.3 Factores por Defecto.....	12
3.4 Datos de Actividad .....	12
3.5 Series Históricas 1999-2017.....	12
3.6 Proyecciones 2030 .....	13
4. REFERENCIAS.....	14

## LISTA DE ACRONIMOS

CNCCMDL	Consejo Nacional del Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio
FALCONDO	Falconbridge Dominicana
FE	Factor de Emisión
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LKD	Polvo de Horno de Cal (el inglés, Lime Kiln Dust)

## 1. RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe de consultoría se corresponde con el inventario de emisiones de gases efecto invernadero para el sector Procesos Industriales de República Dominicana del año 2014.

Los resultados de emisiones de GEI del Sector Procesos Industriales se obtuvieron a partir de la cuantificación de datos de producción/consumo del producto industrial específico y de su factor de emisión unitario, siguiendo lo descrito por el IPCC. Las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente se deben en forma importante a las emisiones de la industria del cemento, cal y del ferroníquel.

La metodología utilizada en este inventario, son las Directrices del 2006 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático para la Elaboración de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (Volumen 3: Procesos Industriales y Uso de Productos; Capítulo 4: Industrias de los Metales; Categoría A: Producción de ferroaleaciones).

Un resumen de los criterios y consideraciones incluidos se presenta a continuación:

### Resumen del inventario de emisiones de GEI del sector ferroníquel 1999-2017

<b>Sector</b>	Procesos Industriales y Uso de Productos
<b>Renglón</b>	Industrias de los Metales
<b>Categoría</b>	Producción de Ferroaleaciones
<b>Categoría principal</b>	Si
<b>Gases incluidos</b>	CO <sub>2</sub>
<b>Descripción/ Definición de la categoría y/o fuente</b>	<p>En la producción de ferroaleaciones, para obtener la reducción y la fundición, se mezclan y calientan a altas temperaturas el mineral bruto, los materiales con carbono y los materiales que producen escorias.</p> <p>Los agentes reductores carbonáceos son, por lo general, el carbón y el coque, pero el carbono biológico (carbón vegetal y madera) son utilizados también comúnmente como fuentes de carbono primarias o secundarias. Las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>) de la producción de coque se estiman en la Sección 4.2 y se declaran dentro del Sector Energía</p>
<b>Ecuaciones utilizadas</b>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <p><b>ECUACIÓN 4.15</b>  <b>EMISIONES DE CO<sub>2</sub> PARA LA PRODUCCIÓN DE FERROALEACIONES POR EL MÉTODO DE NIVEL I</b></p> <math display="block">E_{CO_2} = \sum_i (MP_i \cdot EF_i)</math> </div> <p>Donde:</p> <p>E<sub>CO<sub>2</sub></sub> = emisiones de CO<sub>2</sub>, toneladas</p> <p>MP<sub>i</sub> = producción de la ferroaleación de tipo <i>i</i>, toneladas</p> <p>EF<sub>i</sub> = factor de emisión de CO<sub>2</sub> genérico para la ferroaleación <i>i</i>, toneladas de CO<sub>2</sub>/tonelada de ferroaleación producida</p>
<b>Referencia</b>	IPCC, 2006:

	<i>Directrices del 2006 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático para la Elaboración de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (Volumen 3: Procesos Industriales y Uso de Productos; Capítulo 4: Industrias de los Metales; Categoría A: Producción de ferroaleaciones).</i>
<b>¿Describir cómo y por qué este método fue elegido?</b>	En la República Dominicana se produce ferroníquel, por lo que esta categoría de emisiones es considerada como importante/relevante y, al efecto, dichas emisiones deben considerarse. Como no hay datos locales de producción a nivel de planta que estén públicamente disponibles, se selecciona el método de primer nivel (Tier1), que considera la data agregada de producción de ferroníquel a nivel nacional.
<b>Métodos de control de calidad (QC) y de aseguramiento de la calidad (QA)</b>	Los cálculos han sido elaborados en base a información públicamente disponible. Los datos son almacenados en los archivos del Proyecto ZACK, teniendo una copia de respaldo; y distribuyendo copias electrónicas al CNCCMDL y la Industria.

En el cuerpo del presente documento, se incluyen todas las consideraciones metodológicas y de rigor para la socialización del inventario actualizado y para su monitoreo regular.

## 1. GENERALIDADES DEL SECTOR FERRONÍQUEL

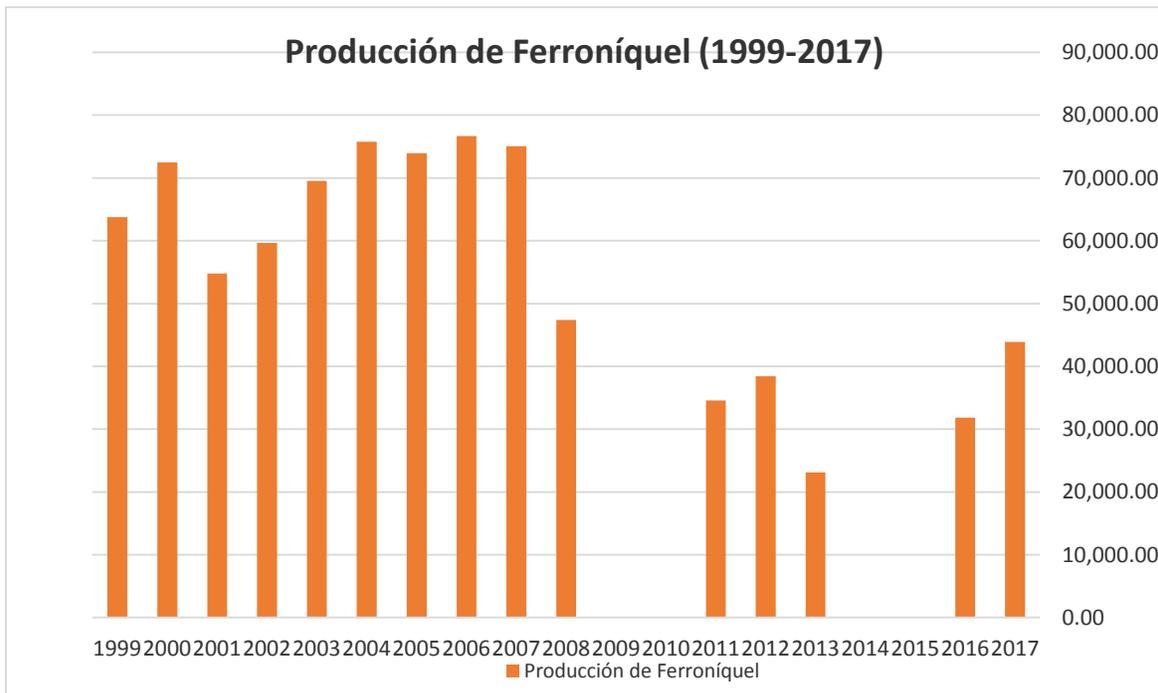
### 1.1 Producción de Ferroníquel

En los años 2009-2010 y 2014-2015 la producción en esta industria es de 0 toneladas, y fue debido al cese de la producción en planta por motivos de precios de la tonelada del metal. A partir de 2010 la producción pasó al 50% de capacidad de producción, pero según indicó el representante de la empresa Falcondo, en 2018 pasarán de nuevo al 100% de capacidad de producción. (*cuadro 1*).

**Cuadro 1: Producción de Ferroníquel en RD (1999-2017)**

PERIODO	Ferroníquel (T.M.)
1999	63,758.20
2000	72,488.13
2001	54,784.09
2002	59,629.40
2003	69,545.00
2004	75,764.00
2005	73,962.00
2006	76,659.00
2007	75,067.00
2008	47,408.00
2009	0.00
2010	0.00
2011	34,576.00
2012	38,433.00
2013	23,132.00
2014	0.00
2015	0.00
2016	31,824.00
2017	43,919.00

Fuente: Banco Central (2018).



**Figura 1: Producción de Ferroníquel en la República Dominicana (2004-2017)**

Fuente: Banco Central (2018).

## 2. INVENTARIO DE EMISIONES 1999-2017

### 2.1 Descripción de la Fuente

Ferroaleación es el término utilizado para describir las aleaciones concentradas de hierro con uno o más metales, tales como silicio, manganeso, cromo, molibdeno, vanadio y tungsteno. La producción de silicio metálico se incluye generalmente en el grupo de las ferroaleaciones pues el proceso de producción es bastante similar al proceso del ferrosilicio. Se utilizan estas aleaciones para desoxidar y modificar las propiedades materiales del acero. Las plantas de ferroaleaciones fabrican compuestos concentrados que se suministran a las plantas de producción de acero para incorporarlos a las aleaciones de acero. El silicio metálico se utiliza en las aleaciones de aluminio, para producir siliconas y en la electrónica. La producción de ferroaleaciones emplea un proceso de reducción metalúrgica que genera emisiones significativas de dióxido de carbono.

En la producción de ferroaleaciones, para obtener la reducción y la fundición, se mezclan y calientan a altas temperaturas el mineral bruto, los materiales con carbono y los materiales que producen escorias. Los agentes reductores carbonáceos son, por lo general, el carbón y el coque, pero el carbono biológico (carbón vegetal y madera) son utilizados también comúnmente como fuentes de carbono primarias o secundarias. Las emisiones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y metano ( $\text{CH}_4$ ) de la producción de coque se estiman en la Sección 4.2 y se declaran dentro del Sector Energía. Se emplean hornos de arco eléctrico sumergido con electrodos de grafito o electrodos Söderberg consumibles. El calor es producido por los arcos eléctricos y por la resistencia de los materiales de carga. Los hornos pueden ser abiertos, semi cubiertos o cubiertos. Una tecnología empleada comúnmente es la del horno abierto de arco eléctrico sumergido (EAF). En el EAF, realiza el calentamiento la corriente que pasa a través de los electrodos de grafito suspendidos de una armazón de acero en forma de cúpula con revestimientos refractarios alineados. La reducción de los óxidos metálicos por el carbono ocurre cuando se consumen el coque y los electrodos de grafito. El carbono de los electrodos captura el oxígeno de los óxidos metálicos para formar CO, al tiempo que los minerales se reducen en metales básicos fundidos. Los componentes metálicos se combinan entonces en la solución.

Además de las emisiones que se originan en los agentes reductores y en los electrodos, la calcinación de los flujos de carbonatos tales como la piedra caliza o la dolomita, si es el caso, también contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero.

Las emisiones primarias en los hornos de arco cubiertos consisten casi completamente en CO, por oposición al  $\text{CO}_2$ , debido a la intensidad del medio reductor. Este CO se emplea para producir energía en calderas, o bien se quema en antorcha. Se supone que la energía producida se utiliza internamente en la planta y que el contenido de carbono del CO se convierte ulteriormente en  $\text{CO}_2$  dentro de la planta.

El gas CO producido en los hornos abiertos o semi cubiertos se quema en CO<sub>2</sub> por encima del nivel de la carga. Se supone que todo el CO que se emite hacia la atmósfera se convierte en CO<sub>2</sub> algunos días más tarde. Aunque el CO<sub>2</sub> es el principal gas de efecto invernadero generado por la producción de ferroaleaciones, investigaciones recientes han mostrado que el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O dan cuenta de una emisión de efecto invernadero equivalente a hasta un 5 por ciento de las emisiones de CO<sub>2</sub> originadas en la producción de ferrosilicio (FeSi) y de silicio metálico (metal-Si).

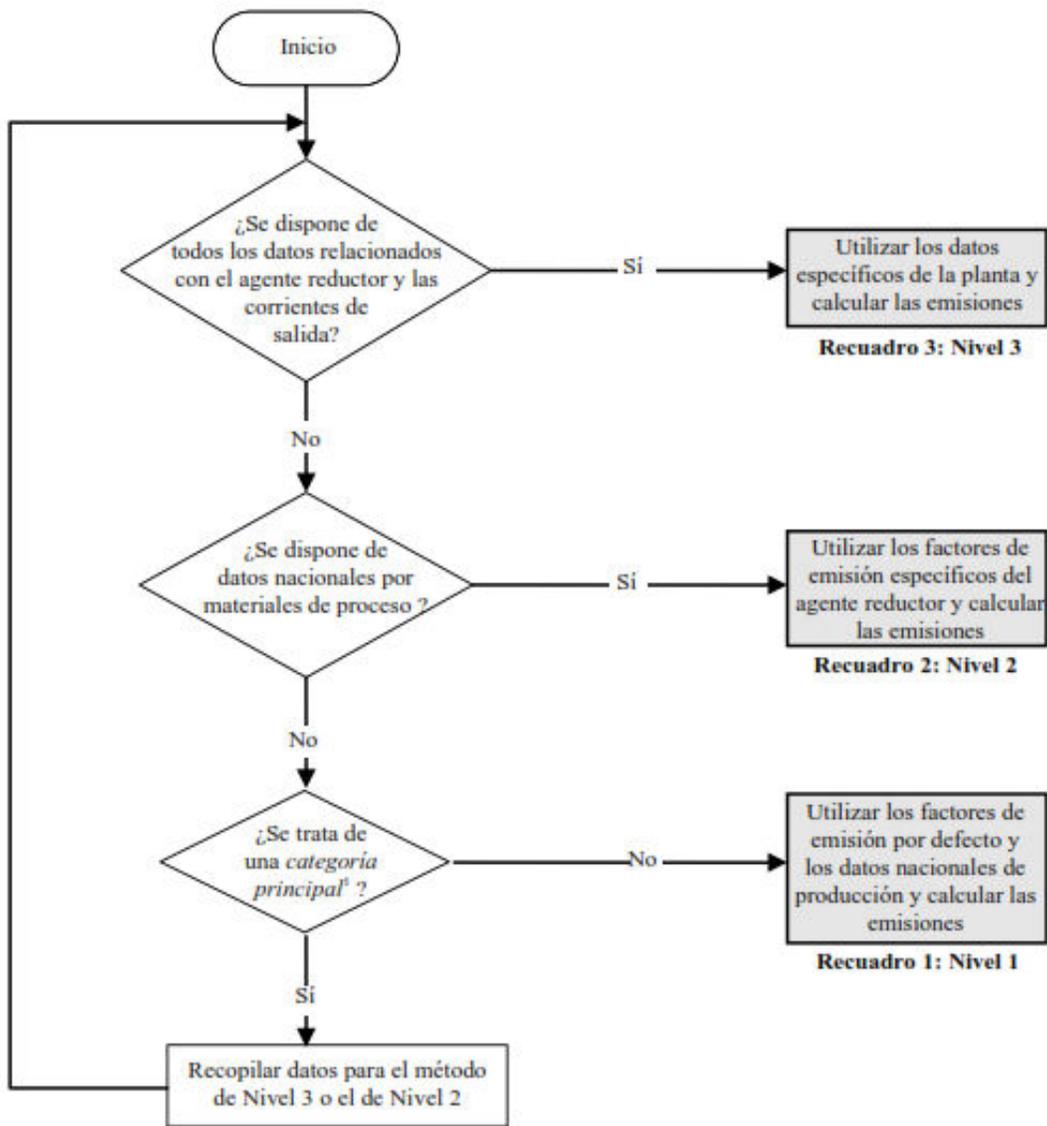
## 2.2 Aspectos Metodológicos

Existen diversos métodos para calcular las emisiones asociadas a la producción de cal.

- En el método de Primer Nivel (Tier 1), las emisiones se basan en multiplicar los factores de emisión por defecto por el tipo de ferroaleación.
- En el método de Segundo Nivel (Tier 2), las emisiones se basan en usar factores de emisión para los agentes reductores. Para las demás materias primas y productos deben considerarse los contenidos de carbono.
- El método de Tercer Nivel (Tier 3), las emisiones se basan en la cantidad total de carbono contenida en los agentes reductores, la pasta de electrodos, los minerales, los materiales de escorificación y los productos, y se realiza este cálculo para cada ferroaleación producida.

Si se considera que los datos de nivel de planta son poco fiables o muy inciertos (hoy en día no existe un sistema de colección de data a nivel nacional del sector), entonces la buena práctica es usar el Tier 1. No obstante, la elección del método más apropiado debe basarse en las *circunstancias nacionales*, en especial las relacionadas al acceso a información.

La figura 2 ilustra el proceso para la elección del método de cálculo basado en la data disponible.



**Figura 2: Árbol de Decisión para la Selección del Método de Cálculo**

Fuente: IPCC (2006)

Con base a la información disponible públicamente, el presente documento emplea el método de segundo nivel (Tier 1) para la estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción de ferróníquel.

Con el Tier 1, las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la producción de ferróníquel se calculan como:

**Fórmula 1: Emisiones Basadas en la Producción de Ferroníquel (Tier 1)**

**ECUACIÓN 4.15**  
**EMISIONES DE CO<sub>2</sub> PARA LA PRODUCCIÓN DE FERROALEACIONES POR EL MÉTODO DE NIVEL 1**

$$E_{CO_2} = \sum_i (MP_i \cdot EF_i)$$

Donde:

$E_{CO_2}$  = emisiones de CO<sub>2</sub>, toneladas

$MP_i$  = producción de la ferroaleación de tipo  $i$ , toneladas

$EF_i$  = factor de emisión de CO<sub>2</sub> genérico para la ferroaleación  $i$ , toneladas de CO<sub>2</sub>/tonelada de ferroaleación producida

### 2.3 Datos de Actividad

Los datos de actividad fueron suministrados por el Banco Central de la República Dominicana.

**Cuadro 2: Producción Nacional de Ferroníquel (1999 - 2017)**

PERIODO	Ferroníquel (T.M.)
1999	63,758.20
2000	72,488.13
2001	54,784.09
2002	59,629.40
2003	69,545.00
2004	75,764.00
2005	73,962.00
2006	76,659.00
2007	75,067.00
2008	47,408.00
2009	0.00
2010	0.00
2011	34,576.00
2012	38,433.00
2013	23,132.00
2014	0.00
2015	0.00
2016	31,824.00
2017	43,919.00

Fuente: Dirección General de Minería, 2018.

En este caso, las Directrices del IPCC indican que es una buena práctica utilizar los datos de la producción de cal de las estadísticas nacionales (IPCC, 2006). El uso de esta información reduce el margen de incertidumbre de los cálculos.

## 2.4 Factor de Emisiones

Para el caso de ferróniquel, al no dar IPCC un FE por defecto se seleccionó el FE del documento "CO2 Emission factors for Non-Energy use in Non Ferrous-Metals, Ferroalloys and Inorganics Industry. Milo Sjardin Bsc. 2003, Utrech/ Copernicus Institute. Departament of Sciences, technology and Society. University of Utrech ND".

## 2.5 Emisiones Calculadas

Las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la producción de ferróniquel se estimaron con el método de nivel 1, basado en data disponible públicamente.

**Cuadro 3: Emisiones de CO<sub>2</sub> del Sector Ferróniquel (1999 - 2017)**

PERIODO	Ferróniquel (T.M.)	Factor Emisión Tn CO2/Tn prod	Emisiones Tn CO2 eq	Emisiones Gg CO2 eq
1999	63,758.20	1.36	86,711.15	86.71
2000	72,488.13	1.36	98,583.86	98.58
2001	54,784.09	1.36	74,506.36	74.51
2002	59,629.40	1.36	81,095.98	81.10
2003	69,545.00	1.36	94,581.20	94.58
2004	75,764.00	1.36	103,039.04	103.04
2005	73,962.00	1.36	100,588.32	100.59
2006	76,659.00	1.36	104,256.24	104.26
2007	75,067.00	1.36	102,091.12	102.09
2008	47,408.00	1.36	64,474.88	64.47
2009	0.00	1.36	0.00	0.00
2010	0.00	1.36	0.00	0.00
2011	34,576.00	1.36	47,023.36	47.02
2012	38,433.00	1.36	52,268.88	52.27
2013	23,132.00	1.36	31,459.52	31.46
2014	0.00	1.36	0.00	0.00
2015	0.00	1.36	0.00	0.00
2016	31,824.00	1.36	43,280.64	43.28
2017	43,919.00	1.36	59,729.84	59.73

Elaboración propia.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Elección del Método

En la Sección 2.2 se presentaron los tres métodos que -según las metodologías del IPCC- se pueden utilizar para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la producción de ferróniquel. Para efectos del presente inventario, la estimación de la serie histórica 1999-2017 se realizó con el método de cálculo de primer nivel (Tier 1). No existen datos para aplicar el método Tier dos (2) o tres (3).

### **3.2 Ecuaciones Utilizadas**

Como en la República Dominicana se produce ferroníquel, la producción de ferroníquel es una categoría principal de fuente de emisiones para el país. Por esta razón, se emplea el método de primer Nivel (Tier 1) para la estimación y el cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> de dicho sector.

### **3.3 Factores por Defecto**

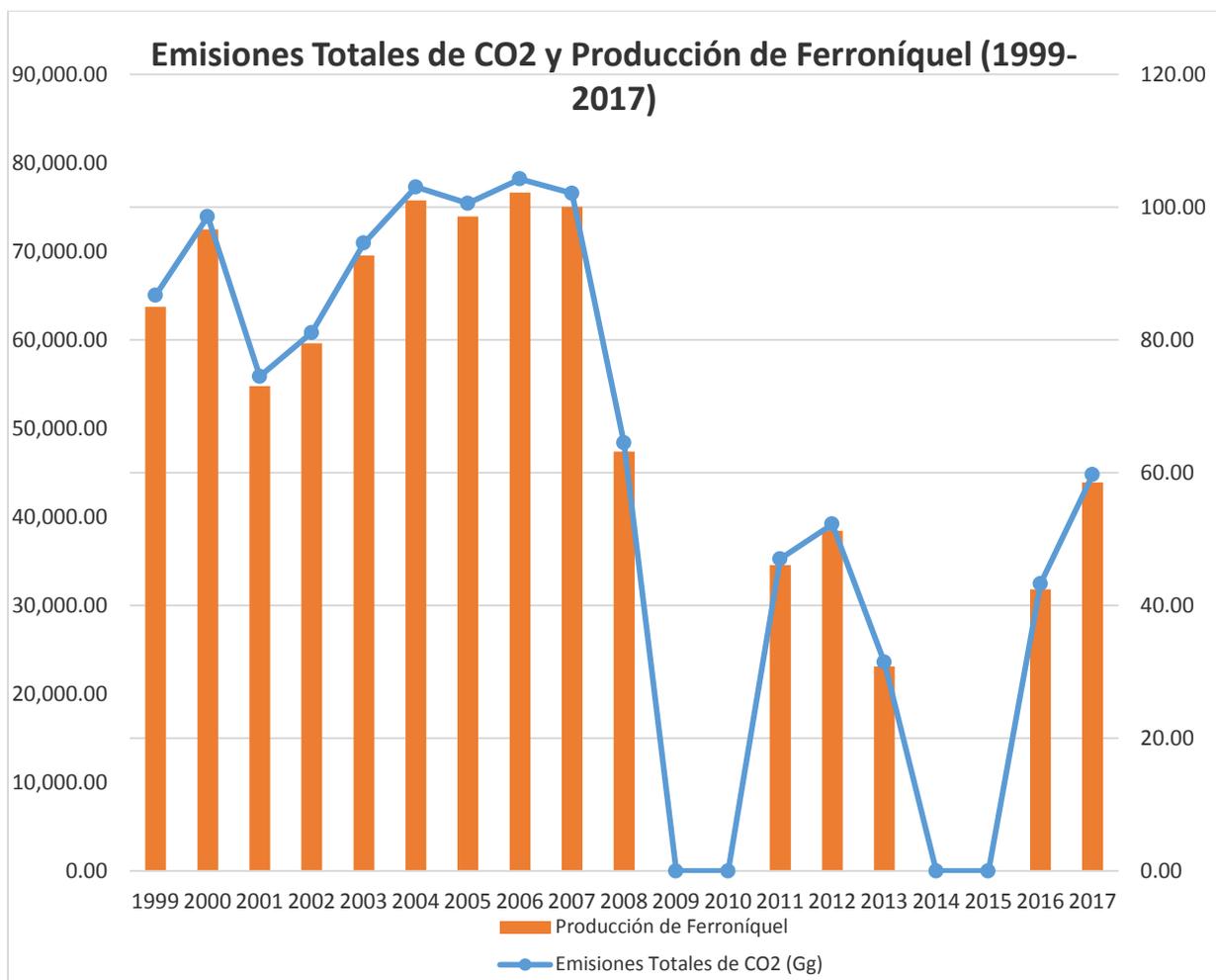
Se ha utilizado un factor de emisiones de la cal (FEcal) de 1.36 toneladas de CO<sub>2</sub> por tonelada de ferroníquel. Este es un valor conservador que pueden mejorarse al utilizar datos específicos a nivel de planta (Tier 3).

### **3.4 Datos de Actividad**

Los datos de producción de cal son obtenidos del Banco Central.

### **3.5 Series Históricas 1999-2017**

A continuación, se presenta la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero para la serie histórica 1999-2017 estimada para la producción de cal de la República Dominicana.



**Figura 4: Serie histórica de las Emisiones de CO<sub>2</sub> de la Producción de Ferróníquel**  
Elaboración propia.

### 3.6 Proyecciones 2030

No se han realizado proyecciones del inventario. Esto puede abordarse en futuras actualizaciones en presencia de más y mejores datos, o si se usara un nivel de estimación superior (Tier 2).

## 4. REFERENCIAS

Boletines trimestrales 1999-2017 del Banco Central de la República Dominicana.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Volume 3: Industrial Processes and Product Use*. IGES: Tokio.



Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Sitz der Gesellschaft  
Bonn y Eschborn

Friedrich-Ebert-Allee 36 + 40  
53113 Bonn, Alemania  
T +49 228 44 60-0  
F +49 228 44 60-17 66

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5  
65760 Eschborn, Alemania  
T +49 61 96 79-0  
F +49 61 96 79-11 15

E [info@giz.de](mailto:info@giz.de)  
I [www.giz.de](http://www.giz.de)