

# HOJA DE RUTA ECUADOR - FICEM

Industria del Cemento  
2024



## HACIA UNA ECONOMÍA BAJA EN CARBONO

# Tabla de Contenidos

## Introducción

7	1. Antecedentes Generales
48	2. Medición, Reporte y Verificación
62	3. Hoja de Ruta FICEM
78	4. Ecuador y el Cambio Climático
97	5. Elaboración Hoja de Ruta FICEM - Ecuador
116	6. Acciones y Compromisos HR
118	7. Referencias Bibliográficas
120	8. Anexos

# Introducción

La Federación Interamericana del Cemento (FICEM), en conjunto con Instituto Ecuatoriano del Cemento y del Hormigón (INECYC), y las empresas UNACEM, HOLCIM, INDUATENAS y UCEM han elaborado la Hoja de Ruta Ecuador- FICEM: "Hacia una economía baja en carbono", en la cual se incorporan los esfuerzos realizados a nivel global por la Cement Sustainability Initiative (CSI) iniciativa asumida a partir del año 2019 por la Global Cement and Concrete Association (GCCA). En esta Hoja de Ruta también se consideran las necesidades locales de mitigación y adaptación al cambio climático.

Este esfuerzo representa un primer paso hacia la descarbonización total del sector hacia el año 2050, en línea con el objetivo global de la industria del cemento y concreto de llegar a cero emisiones netas al 2050. En el presente documento se incluye el compromiso de una trayectoria de reducción de emisiones para el año 2030, a fin de lograr este objetivo a largo plazo.

El trabajo realizado por FICEM, desde ya casi una década, ha tenido como uno de sus principales ejes la "Sostenibilidad de la Industria", donde se ha logrado imponer un sello de colaboración y trabajo en equipo, comprendiendo que el beneficio ambiental es un valor para toda nuestra sociedad, y con la convicción que el uso del cemento en los nuevos tiempos es una de las soluciones más eficientes para la mitigación y adaptación requerida al cambio climático.

Lo anterior, debe ser consistente con lograr que las emisiones de CO<sub>2</sub> eq se encuentren bajo los niveles comprometidos globalmente, y así evitar que la tierra aumente su temperatura en más de 2°C con respecto a la era preindustrial.

Como se mencionó al comienzo, el desafío aquí planteado encuentra como referente mundial a CSI y, más específicamente, su denominado "Technology Roadmap Low - Carbon Transition in the Cement Industry" del año 2018, actualización de su Roadmap del año 2009, que en conjunto con la International Energy Agency (IEA), definió los objetivos de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> eq en la producción de

cemento para distintos escenarios, y con hitos cronológicos hasta el año 2050.

En este contexto, y considerando los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas, los desafíos del Acuerdo de París (COP 21) y las iniciativas de CSI, la industria del cemento de Ecuador ha desarrollado su "Hoja de Ruta Ecuador - FICEM hacia una economía baja en carbono" (HR Ecuador), evaluando las mejores prácticas disponibles para la acción climática en la mitigación de Gases Efecto Invernadero (GEI), considerando sus adecuaciones locales y posicionando al cemento como el material de construcción líder en resiliencia para la necesaria adaptación al cambio climático de Ecuador, país con una alta vulnerabilidad frente a eventos climáticos.

En línea con los ejes mundiales en esta materia, los principales ejes de reducción de CO<sub>2</sub> revisados en la HR Ecuador son: el Factor Clínker/Cemento, el Coprocesamiento y la Eficiencia Energética, sin dejar de lado las nuevas tecnologías emergentes e innovadoras en captura de CO<sub>2</sub> para almacenamiento o uso, que, si bien requieren mayor investigación, pueden ser claves para el cumplimiento de las metas en el tramo comprendido del año 2030 al año 2050. Esto último, estimula un proceso continuo de fomento a la investigación y desarrollo, tanto nacional como internacional, en conjunto con FICEM.

Del mismo modo, la economía circular pasa a ser un eje central de las estrategias presentes y futuras, pues cuando se piensa en la reducción, reutilización y reciclaje de elementos, el rol del mundo cementero no es menor, puesto que a través del coprocesamiento y las materias primas alternativas, con foco en la valorización de residuos, se está haciendo un aporte sustancial a esta visión de la economía y del medioambiente, el cual puede ser profundizado por nuestra industria tal como se describe en el presente documento.

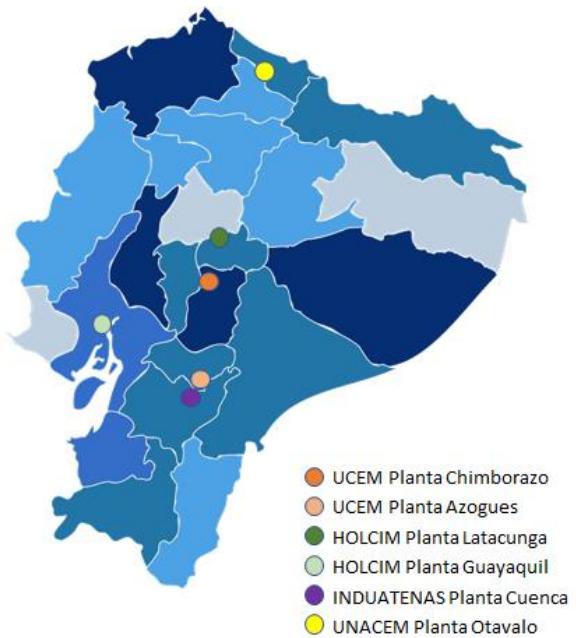
La HR Ecuador se organiza en seis capítulos. En el Capítulo 1 se describen las estrategias internacionales de la industria del cemento para enfrentar el cambio climático. El Capítulo 2 revisa los sistemas de Medición, Reporte y Verificación (MRV), tanto para su aplicación a países, como a procesos industriales, como a la producción de cemento. Además, se detalla el sMRV FICEM, un MRV elaborado por FICEM para ser aplicado en Latinoamérica, basado en los criterios internacionales. El Capítulo 3 revisa la Hoja de Ruta FICEM 2017, con sus objetivos, herramientas, instrumentos y pasos para apoyar la construcción de las Hojas de Ruta País. El Capítulo 4 repasa algunas de las particularidades de Ecuador: su contexto, vulnerabilidades al cambio climático, y políticas climáticas.

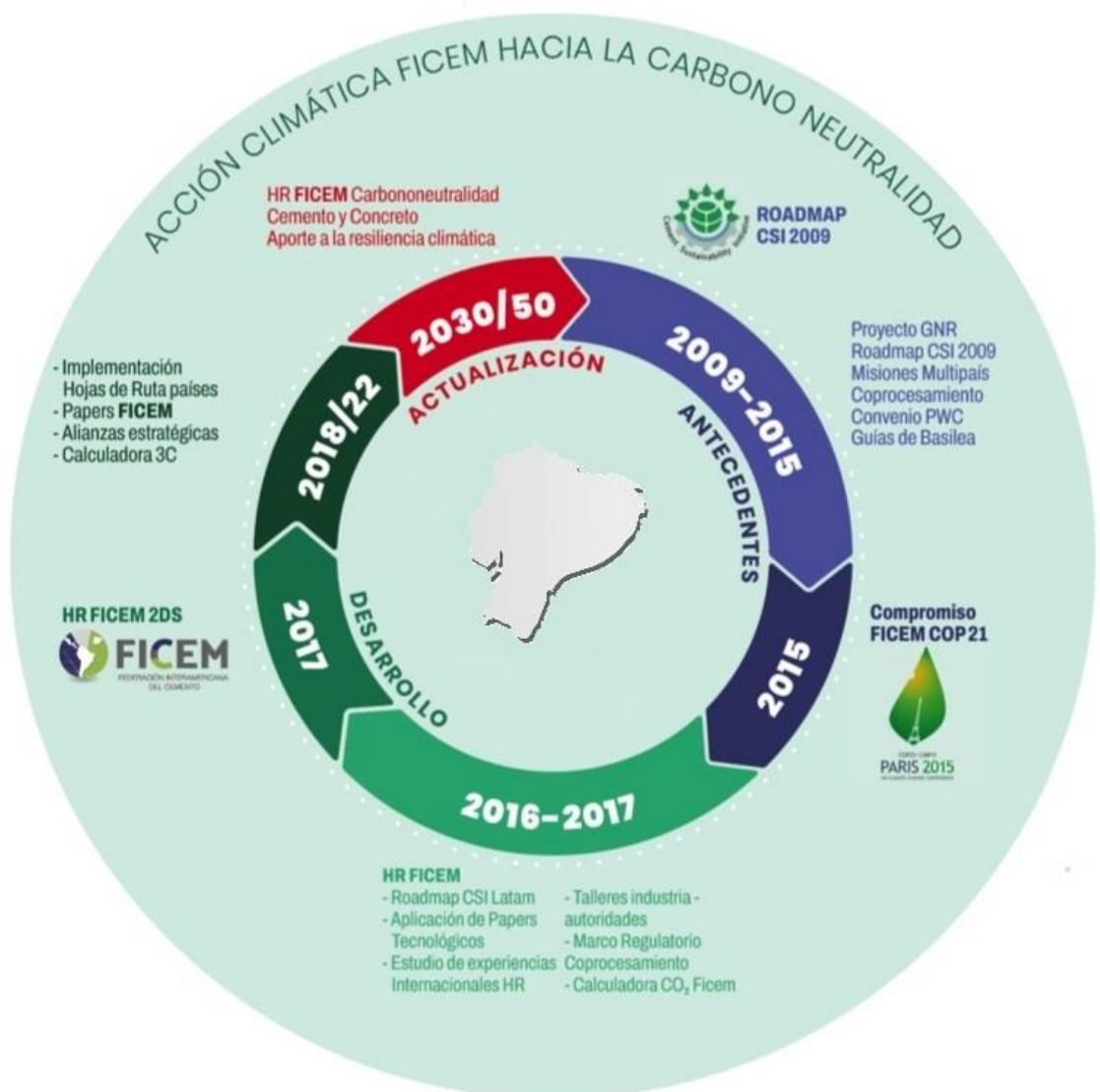
El Capítulo 5 aborda los principales indicadores ambientales para Ecuador (análisis comparado de los principales ejes de reducción). Adicionalmente, en este capítulo se estiman las

reducciones alcanzadas y el potencial de reducción al año 2030, con base en la revisión de los papers de la Academia Europea de Investigación del Cemento (ECRA, por sus siglas en inglés).

Finalmente, el Capítulo 6 contiene las acciones y compromisos de la industria para la implementación de la HR Ecuador.

Este documento es resultado del trabajo realizado por FICEM en conjunto con las industrias cementeras ecuatorianas que, sobre la base de antecedentes sólidos, reconocidos y confiables, han elaborado una trayectoria para acompañar a la Industria del Cemento en su transición hacia una economía baja en carbono, posicionando al cemento como el material líder en construcción para la necesaria adaptación a los efectos del cambio climático en Ecuador.





POSICIONANDO AL CEMENTO COMO MATERIAL LÍDER PARA LAS NECESIDADES DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.

# Antecedentes Generales

En este capítulo se describen los dos pilares principales que fueron estudiados para la definición de la Hoja de Ruta de Ecuador.

Como primer pilar se consideró la estrategia mundial para enfrentar las causas y efectos del cambio climático, partiendo de la base del Acuerdo de París, sus antecedentes, partes interesadas y sus compromisos de Mitigación y Adaptación.

Como segundo pilar, se consideraron los desafíos que la producción de cemento a nivel mundial ha determinado

y que se ven materializados en la publicación en Octubre del año 2021 de su Roadmap para la carbono neutralidad del concreto liderado por la Asociación Global del Cemento y Concreto (GCCA), trabajo basado en esfuerzos anteriores, tales como, el Cement Technology Roadmap 2009 y su actualización del año 2018, ambos documentos desarrollados por el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) y su iniciativa para la sostenibilidad del cemento (CSI).

## 1.1

# Estrategia global para enfrentar el cambio climático

### 1.1.1

#### Visión del cambio climático

De acuerdo con el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), el cambio climático puede definirse como la "*importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado, normalmente decenios o incluso más*" (IPCC, 2001)<sup>1</sup>, incremento que se ha atribuido al aumento en la concentración en la atmósfera de GEI de origen antropogénico – CO<sub>2</sub>, metano (CH<sub>4</sub>), entre otros – generando así un aumento en la temperatura media global de la superficie terrestre denominado "Calentamiento Global".

En relación con lo anterior, el IPCC entrega un panorama del cambio observado en la temperatura media en superficie entre los años 1901 y 2012, mostrando que casi la totalidad del planeta ha experimentado un aumento de la temperatura en superficie, y señalando que la temperatura promedio de la superficie ha aumentado 0,85°C en comparación con el período preindustrial (1880 - 2012).<sup>2</sup>

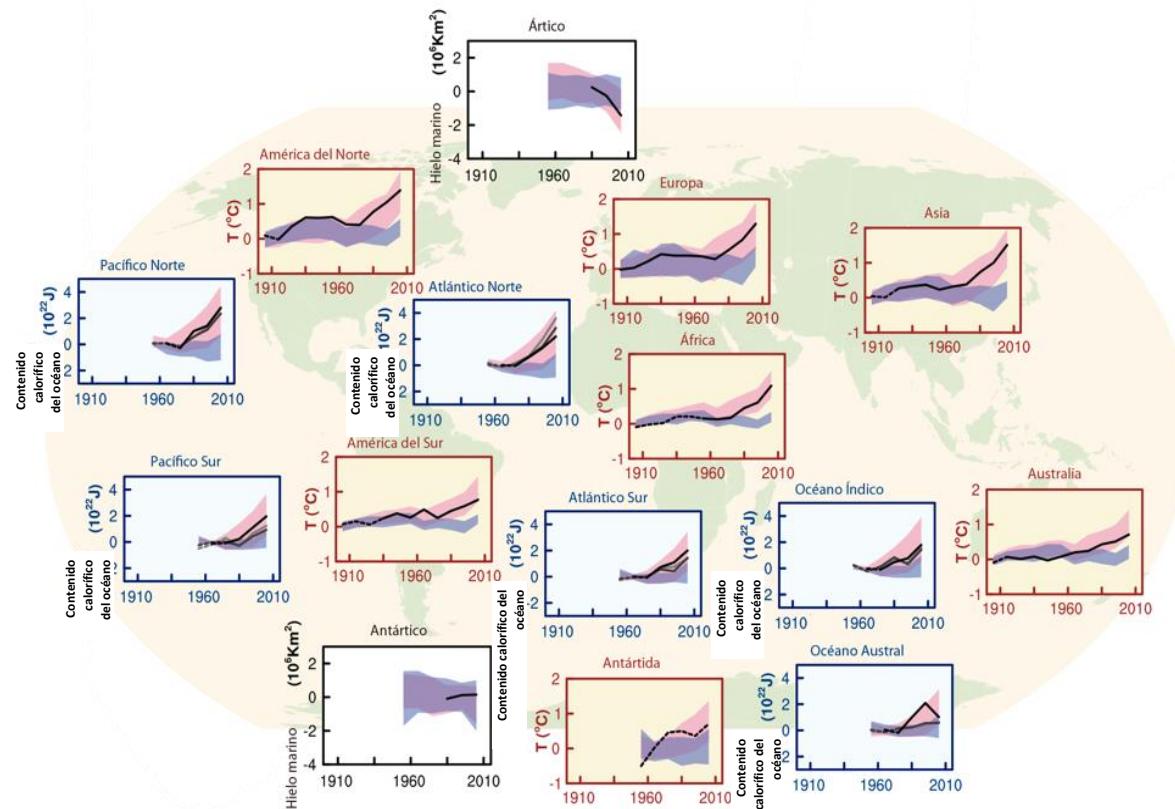
En la Figura 1 se aprecian los incrementos de temperatura en promedio globales para la superficie terrestre y oceánica.

<sup>1</sup> Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, CMNUCC, Artículo 1 Definiciones, 1992

<sup>2</sup> Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC, Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2013

Figura 1.Comparación del cambio climático observado y simulado

Fuente. Climate Change Informe 3 IPCC 2014



**Figura RRP6:** Comparación del cambio climático observado y simulado, basada en tres indicadores a gran escala en la atmósfera, la criósfera y el océano: cambio en las temperaturas del aire en la superficie terrestre continental ( $^{\circ}\text{C}$ ), extensión del hielo marino en septiembre en el Ártico y el Antártico ( $\text{Km}^2$ ) y contenido calorífico en las capas superiores del océano de las principales cuencas oceánicas ( $\text{J}$ ). También se muestran los cambios en el promedio global. Las anomalías se describen en relación con el período 1880-1919, por lo que respecta a las temperaturas en superficie, con el período 1960-1980, por lo que refiere al contenido calorífico del océano, y con el período 1979-1999, por lo que respecta al hielo marino. Todas las series temporales se componen de promedios decenales. representados en la mitad del decenio.

En los gráficos de temperaturas, las observaciones se señalan con líneas discontinuas cuando la cobertura espacial de las regiones examinadas es inferior al 50%. En los gráficos relativos al contenido calorífico del océano y de hielo marino, la línea continua muestra las zonas donde la cobertura de datos es buena y de mayor calidad y la línea discontinua muestra las zonas donde la cobertura de datos sólo es suficiente, en las que, por lo tanto, la incertidumbre es mayor. Los resultados de los modelos mostrados representan gamas de conjuntos para varios modelos de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5), con bandas sombreadas que muestran unos intervalos de confianza entre el 5% y 95%. Para más detalles técnicos, incluidas las de definiciones de las regiones, véase el material complementario del Resumen Técnico (figura 10.21: guía RT.12)

Considerando los incrementos graficados en la Figura 1, y con el objeto de entender las proyecciones de aumento de las emisiones de GEI y sus efectos en las temperaturas medias de la tierra, el IPCC desarrolló los denominados RCP (Trayectorias de Concentraciones Representativas, por sus siglas en inglés), que proyectan el cambio en la temperatura media en superficie para cuatro escenarios diferentes de emisiones de GEI. Estas proyecciones son para finales del siglo XXI, en relación con el período 1986 - 2005.

En la Figura 2, la proyección de la izquierda está basada en un escenario RCP 2,6 con emisiones relativamente limitadas de gases de efecto invernadero, mientras que la proyección de la derecha está basada en un escenario RCP 8,5 con emisiones muy altas de GEI. Los otros dos escenarios, que no se visualizan en la Figura 2, son de emisiones medias de GEI y se denominan RCP 4,5 y RCP 6,0. El RCP 2,6 proyecta un aumento de 0,3 a 1,7°C de la temperatura media de la superficie de la tierra, mientras el RCP 8,5 proyecta un aumento de 2,6 a 4,8°C.

El escenario RCP 2,6 contempla la reducción de las emisiones al 50% de la línea base actual en el año 2050, llegando a 0 emisiones netas para el año 2100. En cuanto al escenario RCP 8,5, contempla el crecimiento de las emisiones actuales sin acciones de reducción, quedando en evidencia los cambios que se producirían en el caso de no realizar acciones climáticas globales.

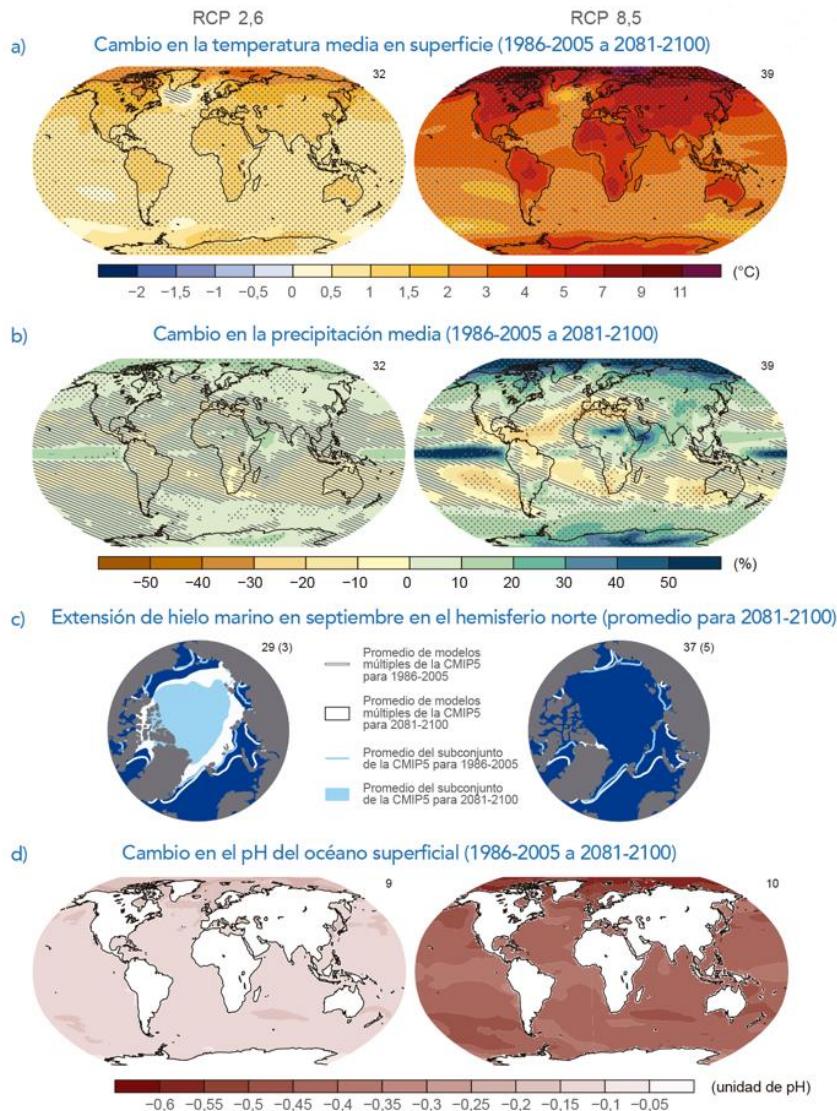
El cambio climático tiene un impacto sobre casi todos los aspectos de nuestras vidas. Nuestros ecosistemas sufren la pérdida de la biodiversidad y del hábitat, y los sistemas humanos, como la salud, se ven afectados negativamente, por ejemplo, mediante la propagación de vectores de enfermedades, como los mosquitos. El cambio climático también nos insta a repensar nuestros sistemas urbanos (el transporte y los edificios, entre otros) y el modo en que desarrollamos nuestra actividad económica (incluidas las oportunidades de negocios verdes). Lo anterior se puede exemplificar en la forma inadecuada de generar y usar la energía en los dos últimos siglos.

Los efectos del cambio climático también pueden provocar conflictos u obligar a las personas a migrar (por ejemplo, desde las zonas costeras bajas).

Estos antecedentes demuestran la urgencia que supone la reducción de las emisiones de GEI y la necesidad que ésta sea una acción global, en la que todos los países deban contribuir en la lucha contra las causas antropogénicas que han generado el calentamiento global, y cuyas proyecciones son la alerta para nuestra generación.

Figura 2.Cambio de la temperatura y precipitación medias, extensión del hielo marino y del pH del océano superficial, proyectados al 2100

Fuente. Climate Change Informe 3 IPCC 2014



**Figura RRP8:** Mapas de resultados medios de modelos múltiples de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5) de los escenarios RCP2.6 y RCP8.5, correspondientes al período 2081-2100, relativos a: a) el cambio anual en la temperatura media en superficie; b) el cambio de la media porcentual de la precipitación media anual; c) la extensión de hielo marino en septiembre en el hemisferio norte; y d) el cambio en el pH del océano superficial. Los cambios en los mapas a), b) y d) se muestran en relación con el período 1986-2005. El número de modelos de la CMIP5, utilizados para calcular la media de los modelos múltiples, se muestra en la esquina superior derecha de cada mapa. En los mapas a) y b), las tramas sombreadas indican las regiones donde la media de los modelos múltiples es pequeña en comparación con la variabilidad interna natural (esto es, inferior a una desviación típica de la variabilidad interna natural en medias de 20 años).

Las tramas punteadas indican las regiones donde la media de los modelos múltiples es grande en comparación con la variabilidad interna natural (estos es, superior a dos desviaciones típicas de la variabilidad interna natural en medias de 20 años) y donde, por lo menos, el 90% de los modelos concuerdan con el signo del cambio (véase el recuadro 12.1). en la imagen c), las líneas son las medias de los modelos para 1986-2005, las áreas rellenas corresponden al final del siglo. Se indica en blanco la media de los modelos múltiples CMIP5, y en celeste la proyección de la extensión media del hielo marino de un subconjunto de modelos (número de modelos indicado entre paréntesis), que reproduce con mayor aproximación el estado medio climatológico y la tendencia registrada entre 1979 y 2012 de la extensión de hielo marino del Ártico. Para mpas detallés técnicos, véase el material complementario del Resumen técnico (Figuras 6.28, 12.11 y 12.29, figuras RT.15, RT.16, RT.17 y RT.20)

## 1.1.2

### Marco internacional para abordar el cambio climático IPCC y CMNUCC

---

En la Declaración Ministerial de la Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima, el IPCC solicitó un tratado que abordara el problema del cambio climático antropogénico. La Asamblea General de las Naciones Unidas abordó formalmente las negociaciones en torno a una convención marco, siendo su primera reunión del Comité Intergubernamental de Negociación (CIN) en 1991. Luego de 15 meses, el CIN aprobó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

El objetivo de la CMNUCC es “impedir interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático mediante la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera”. Las principales respuestas para abordar el cambio climático son la mitigación y la adaptación. La Convención no enumera los GEI que se deben regular, solo hace referencia al dióxido de carbono y a otros gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub> eq).

Asimismo, establece el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas, lo que refleja la idea que la responsabilidad de las partes para responder al cambio climático debería ser compartida sobre la base de las contribuciones históricas y actuales, así como su capacidad para responder al problema. Este principio tiene diversas aplicaciones en la Convención y los países desarrollados deben tomar la iniciativa en lo que respecta a combatir el cambio climático. Del mismo modo, se deberían considerar las necesidades específicas y las circunstancias especiales de los países en desarrollo.

La Figura 3 muestra los impactos generalizados del cambio climático en las diferentes regiones del planeta. En el caso de Latinoamérica, los impactos se asocian, principalmente, a la pesca, glaciares, recursos hídricos, agricultura y asentamientos humanos.

Figura 3.Impactos generalizados atribuidos al cambio climático sobre la base de la documentación científica disponible desde el Cuarto Informe de Evaluación IPCC

Fuente. Climate Change Informe 3 IPCC 2014

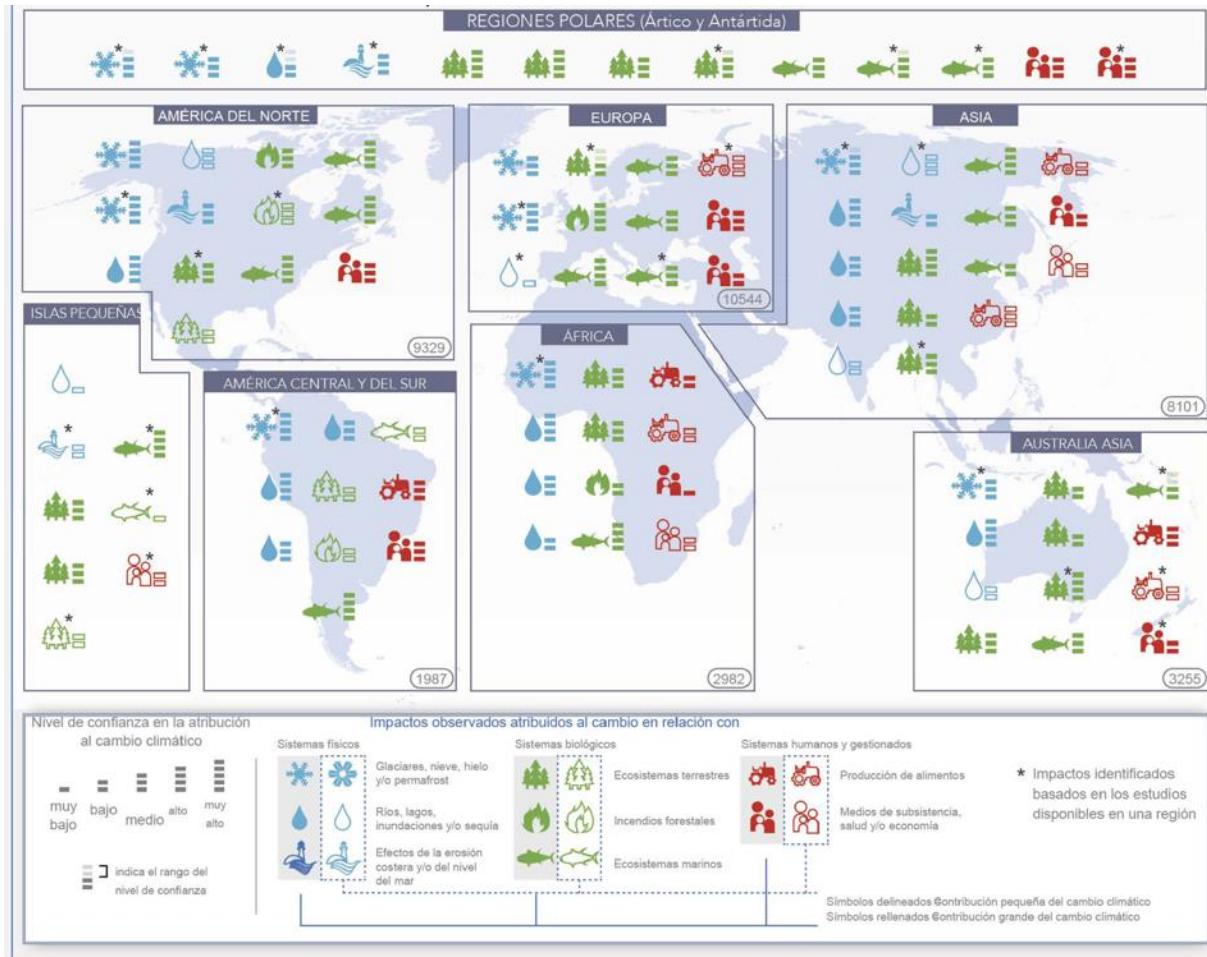


Figura RRP4: Sobre la base de la documentación científica disponible desde el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, hay un número sustancialmente mayor de impactos en las últimas décadas atribuidos al cambio climático. La ausencia en el mapa de otros impactos atribuidos al cambio climático no implica que esos impactos no hayan ocurrido. Las publicaciones que sustentan los impactos atribuidos reflejan una base de conocimientos cada vez mayor, aunque las publicaciones siguen siendo limitadas para muchas regiones, sistemas y procesos, lo que pone de relieve las lagunas en los datos y estudios. Los símbolos indican categorías de impactos atribuidos, la relativa contribución del cambio climático (grande o pequeña) al impacto observado y el nivel de confianza en la atribución. Cada símbolo hace referencia a una o más entradas en GTII cuadro RRPA1, de modo que se agrupan impactos conexos a escala regional.

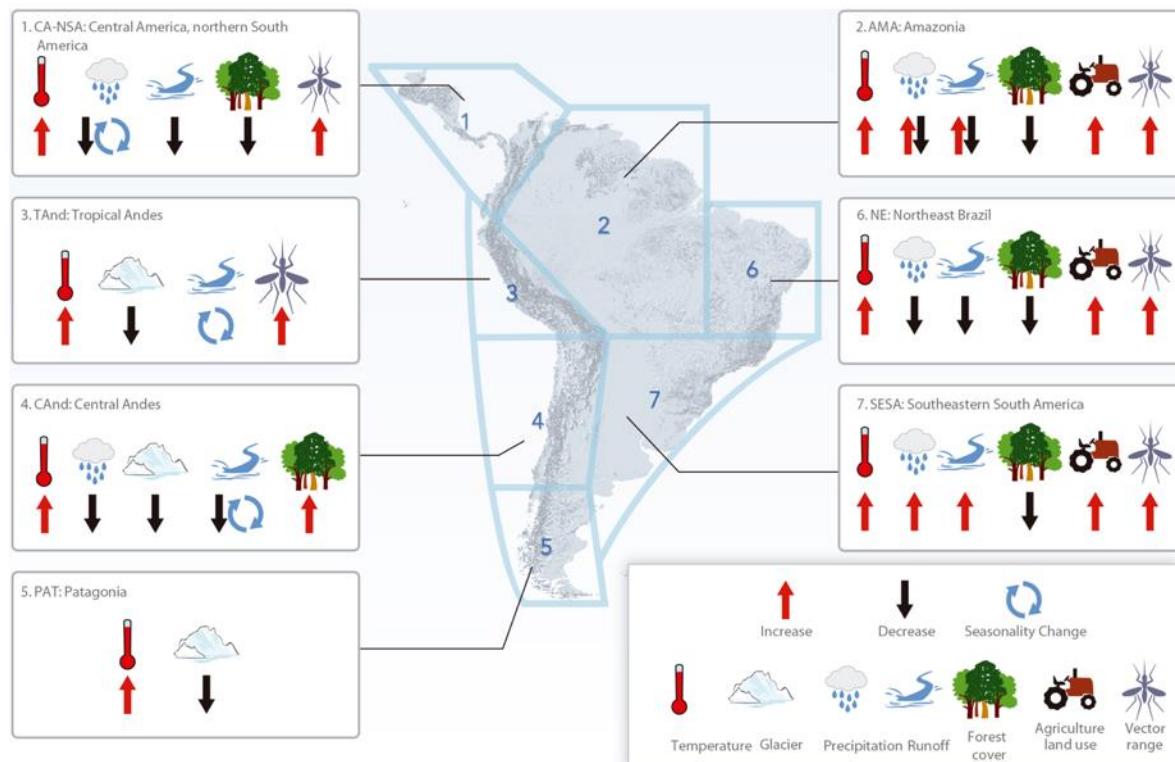
Las cifras en los óvalos indican totales regionales de publicaciones relativas al cambio climático de 2001 a 2010, según la base de datos bibliográfica Scopus para publicaciones en inglés en que el nombre de un país se menciona en el título, en el resumen con las palabras clave (en julio de 2011). Estas cifras proporcionan una idea general de la documentación científica disponible sobre el cambio climático en las regiones, no indican el número de publicaciones que apoyan la atribución de los impactos del cambio climático en cada región. Los estudios relativos a las regiones polares e islas pequeñas se agrupan con las regiones continentales vecinas. La inclusión de publicaciones para la evaluación de la atribución se ajustó a los criterios del IPCC sobre evidencia científica definidos en GTII capítulo 18. Las publicaciones incluidas en los análisis de atribución proceden de una gama más amplia de documentos evaluados en el GTII IE5. Véase el GTII cuadro RRPA1 para la descripción de los impactos atribuidos (figura 1.11)

Otros principios rectores de la CMNUCC se centran en la importancia del derecho al desarrollo sostenible y la obligación de las partes de la Convención en cooperar para promover un sistema económico internacional abierto y propicio que conduzca al crecimiento y desarrollo sostenible; en particular, de las regiones en desarrollo, como es el caso de Latinoamérica, región donde no sólo se deben evaluar los impactos del cambio

climático, sino también la capacidad de adaptación a sus efectos.

Latinoamérica está expuesta a impactos que afectan directamente sus actividades económicas relevantes, como la agricultura y la pesca, por lo que esta región deberá destinar importantes recursos a la adaptación a estos impactos.

Figura 4. Resumen de los cambios observados en el clima y otros factores ambientales, por regiones de América Central y del Sur. Los límites de estas regiones son “conceptuales”, por tanto no guardan correspondencia con límites políticos ni geográficos.



**La Conferencia de las Partes (COP)** es el órgano supremo de la Convención y se encarga de supervisar su aplicación, además de cualquier instrumento legal asociado. Todas las Partes de la Convención aceptan una serie de compromisos generales. El artículo 4 enumera los compromisos que todas las Partes deben cumplir, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes, pero diferenciadas, y el carácter específico de sus prioridades nacionales y regionales de desarrollo, de sus objetivos y de sus circunstancias<sup>3</sup>.

Uno de los compromisos de todas las Partes es desarrollar inventarios nacionales de GEI, y entregar reportes a la COP sobre información relacionada a la implementación de los compromisos asociados a la Convención. Éstas se llaman Comunicaciones Nacionales y traen consigo un conjunto de información sobre cambio climático: inventario GEI, vulnerabilidad, medidas de adaptación, medidas de mitigación, construcción de capacidades y necesidades tecnológicas.

La primera versión de la COP (COP 1) fue realizada en Berlín, en el año 1995. Posteriormente, se pueden destacar los acuerdos alcanzados en las reuniones: COP 3 “Kioto, 1997”, en la que se estableció el conocido

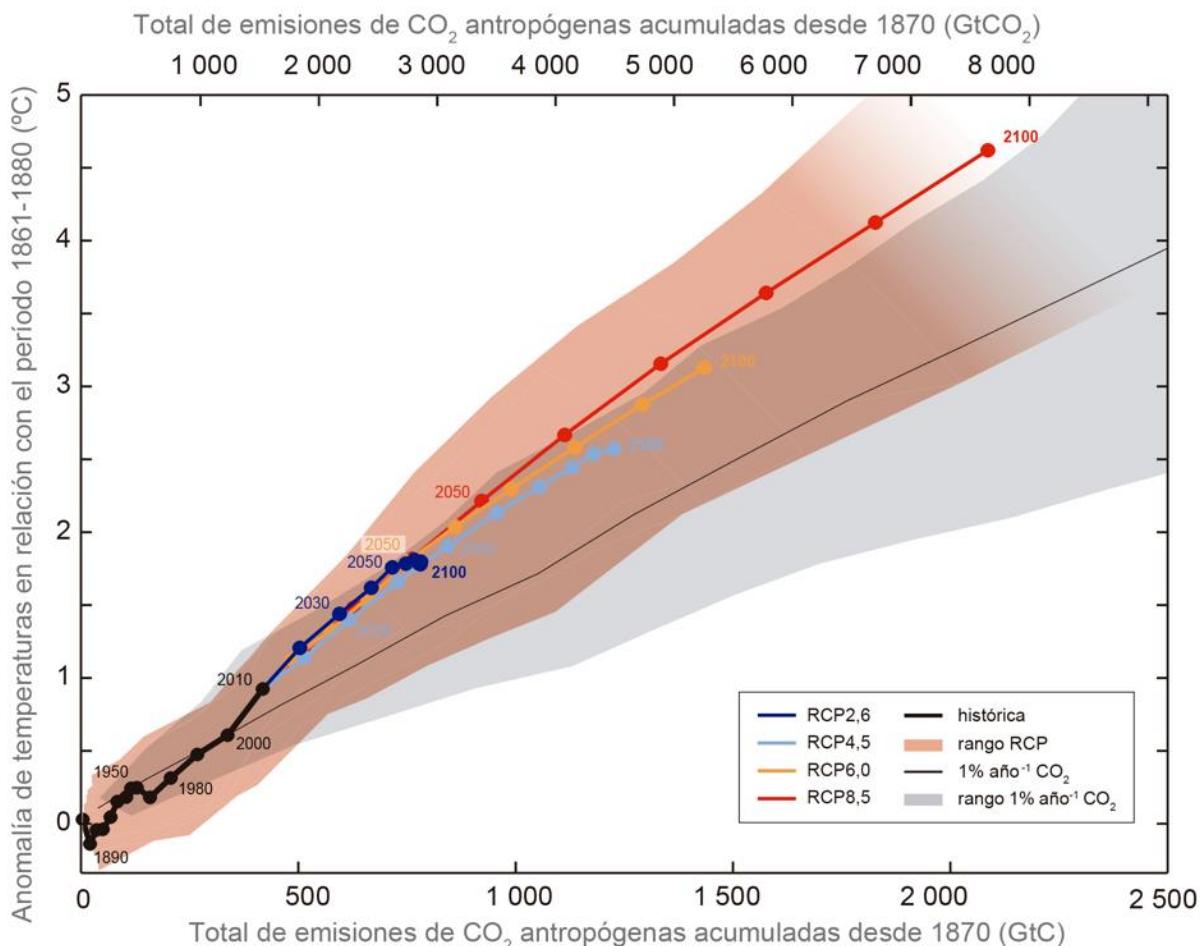
“Protocolo de Kioto”; COP 13 “Bali, 2007”, de la que surgió el concepto de NAMA “Acciones de mitigación apropiadas a cada país”; COP 15 “Copenhague, 2009”, que acordó la creación del Fondo Verde del Clima; COP 19 “Doha, 2012”, cuando se extendió el Protocolo de Kioto hasta el 2020 y se confirmó la falta de acuerdos y compromisos de los países; COP 20 “Lima, 2014”, que generó las bases de los acuerdos comprometidos en la COP 21 realizada en París en el año 2015, siendo ésta la ocasión en la que se alcanzó, por primera vez, un acuerdo mundial con la participación de más de 150 líderes mundiales, además de observadores y sociedad civil, denominado *“Acuerdo de París para la mitigación y adaptación al cambio climático”*.

En la siguiente figura, se puede apreciar que los esfuerzos por reducir GEI, destacándose el Protocolo de Kioto del año 1997, no han tenido los resultados esperados; es más, se aprecia un incremento en las emisiones. Por ello, la importancia del éxito de los compromisos planteados en la COP 21. Además, la figura proyecta el efecto de las emisiones de CO<sub>2</sub> y su potencial incremento de temperaturas al 2100.

---

<sup>3</sup> Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, CMNUCC, Manual, 2006

Figura 5. Emisiones antropógenas acumuladas  
Fuente. Climate Change Informe 3 IPCC 2014



**Figura RRP10:** Aumento de la temperatura media global en superficie, como función del total de las emisiones globales acumuladas de CO<sub>2</sub> a partir de diversas líneas de evidencia. Los resultados de modelos múltiples obtenidos de modelos del ciclo climático y del carbón, de acuerdo con un orden jerárquico para cada trayectoria de concentración representativa (RCP) hasta 2100, se muestran con líneas de colores y puntos (medias decenales). En algunos caos, se indica el año correspondiente a la media decenal para mayor claridad (por ejemplo, el año 2050 indica la década 2040-2049). Los resultados de los modelos para el período histórico (1860 a 2010) se indican en negro. El penacho de color muestra la extensión de los modelos múltiples en los cuatro escenarios de RCP y va diluyéndose con los números decrecientes de los modelos en el escenario RCP8.5. La media de los modelos múltiples y el rango simulado por los modelos de la quinta fase del Proyecto de comparación

de modelos acoplados (CMIP5), obligados a reflejar un aumento de CO<sub>2</sub> del 1% anual (simulaciones de CO<sub>2</sub> del 1% año<sup>-1</sup>), se muestran mediante la línea negra delgada y el área gris. Para una cantidad específica de emisiones de CO<sub>2</sub> acumuladas, las simulaciones de CO<sub>2</sub> del 1%b anual muestran un calentamiento menor que las que se rigen por escenarios de RCP, que incluyen otros forzamientos no generados por el CO<sub>2</sub>. Los valores de la temperatura se dan en relación con el período de base 1861-1880, y las emisiones, en relación con 1870. Los promedios decenales se conectan mediante líneas continuas. Para mayores detalles técnicos, véase el material complementario del Resumen técnico. (Figura 12.45: ETE8 del RT, figura 1)

El Acuerdo de París entró en vigor el 4 de noviembre del año 2016, y fue ratificado por más de 100 países que cubren casi el 80% de emisiones de GEI<sup>4</sup>. Este Acuerdo ONU es jurídicamente vinculante, y tiene por objetivo que los países se comprometan a mantener la temperatura media mundial “muy por debajo” de 2°C respecto a los niveles preindustriales al año 2050, para lo que se deberá reducir drásticamente las emisiones de GEI proyectadas. Lo anterior se ve reflejado en el instrumento internacional denominado “Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional” (NDC, por sus siglas en inglés), cuya actualización entró en vigor el año 2020 y se revisarán cada 5 años mediante un mecanismo transparente de seguimiento al cumplimiento.

Además, se podrán utilizar mecanismos de mercado (compraventa de emisiones) para cumplir sus objetivos.

También se considera financiamiento de los países desarrollados para la mitigación y adaptación en los países en vías de desarrollo, movilizando un mínimo de 100.000 millones de dólares anualmente, a partir del año 2020.

Es importante cuantificar la incidencia de los distintos GEI, con el fin determinar las acciones más eficientes de reducción de emisiones.

En la siguiente figura se muestran los aportes de los distintos tipos de GEI.

Figura 6. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de origen antropogénico, anuales, totales y por grupos de gases, de 1970 a 2010.

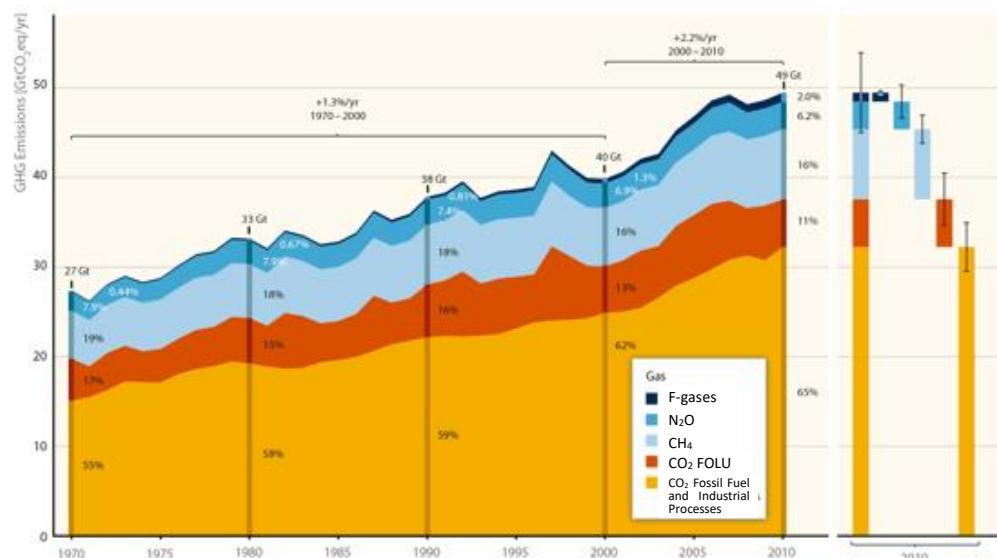


Figura RRP2: Emisiones antropogénicas anuales totales de gases de efecto invernadero (GEI) (gigatonelada de CO<sub>2</sub>-equivalente al año, GtCO<sub>2</sub>-eq/año) para el período comprendido entre 1970 y 2010, por gases CO<sub>2</sub> procedente de la quema de combustibles fósiles y procesos industriales.; CO<sub>2</sub> procedente de la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU); metano (CH<sub>4</sub>); óxido nitroso (N<sub>2</sub>O); gases fluorados abarcados en el Protocolo de Kyoto. A la derecha se muestran las emisiones de 2010, con ponderaciones de emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente basadas en valores de los Informes de Evaluación segundo y quinto del IPCC. A menos que se indique de otro modo, las emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente en el presente

informe incluyen los gases citados en el Protocolo de Kyoto (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y los gases fluorados) calculados sobre la base de valores del potencial de calentamiento global con un horizonte temporal de 100 años (PCG<sub>100</sub>) procedentes del Segundo Informe de Evaluación (IE<sub>2</sub>) (véase el glosario). La utilización de valores de PCG<sub>100</sub> más recientes del Quinto Informe de Evaluación (IE<sub>5</sub>) (barra a la derecha) daría un mayor número de emisiones anuales totales de gases de efecto invernadero (52 GtCO<sub>2</sub>-eq/año) a raíz de una mayor contribución del metano, pero ello no cambiaría la tendencia a largo plazo de manera significativa (figura 16, recuadro 3.2)

<sup>4</sup> Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, CMNUCC, Acuerdo de París, 2015

Posteriormente, en la COP 22, llevada a cabo en Marrakech (Marruecos) desde el 7 al 18 de noviembre del año 2016, se trabajó en la consolidación de las estrategias asociadas a la COP 21, y se abordó el estado de avance de los financiamientos y herramientas de mayor apoyo para reducciones de GEI pre - 2020.

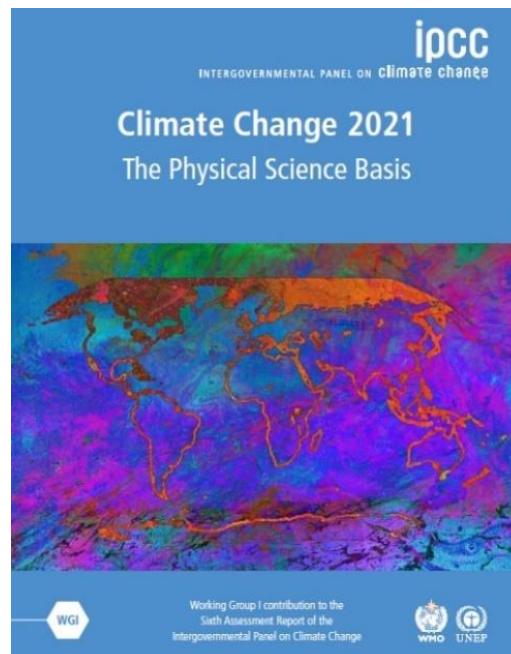
A la fecha, se han desarrollado una serie de instrumentos oficiales para la mitigación y adaptación. Por ejemplo, en el caso de las Emisiones Provocadas por la Deforestación y la Degradoación Forestal (REDD), a través de ofrecer incentivos a los países en desarrollo para reducir las emisiones de las zonas forestales, e invertir en un desarrollo con bajas emisiones de carbono, mejorando al mismo tiempo los medios de subsistencia.

REDD+ amplía el alcance de REDD, e incluye la conservación, la gestión sostenible de los bosques y el aumento de las reservas forestales de carbono. Otro ejemplo son las "Acciones Nacionales de Mitigación Apropiadas" (NAMA, por sus siglas en inglés), que generan políticas y medidas voluntarias para reducir las emisiones de GEI.

La última Conferencia de las Partes (COP26) realizada en Glasgow, Escocia, se desarrolló en el mes de noviembre del año 2021, y sus conclusiones fueron basadas principalmente en el 6º Informe del IPCC publicado el 07 de agosto del 2021. Este Informe determina la necesidad de reducir a la mitad las emisiones al año 2030 y ser carbono neutral al 2050. Tanto este informe, como las conclusiones de la COP26, aumentan las ambiciones en la reducción de los GEI, haciendo necesario revisar las metas de nuestro sector. Debido a lo anterior, FICEM publica en noviembre del año 2021 su Ambición Climática, en la cual se reconoce la carbono neutralidad

del cemento y concreto al 2050 como la única trayectoria aceptada por la industria.

Los acuerdos de la COP26 fueron firmados por los casi 200 países que participaron y se espera que establezcan una agenda global y local más ambiciosa contra el cambio climático. Como ejemplo, se destaca la mención sin precedentes de que el carbón es la principal fuente del calentamiento global y existe un compromiso para reducir su uso. India y China, al final, impidieron que se firmara el término de eliminación gradual de su uso como fuente de energía.



A continuación, los cinco puntos clave de esta COP26.

#### 5 puntos clave

- Se insta (en lugar de comprometer) a los países desarrollados a duplicar los fondos para los países en desarrollo en ayuda a su adaptación al cambio climático.
- Se solicita a los países a actualizar a más tardar el año entrante sus metas de reducción de carbono para 2030.
- Se establecerá un diálogo para examinar el tema de dinero a cambio del daño que el cambio climático ya ha causado

- Se hace un llamado para reducir gradualmente "el uso del carbón como fuente de energía y los subsidios a los combustibles fósiles ineficientes".
- Se hace énfasis en la necesidad de "aumentar significativamente el apoyo" a los países en desarrollo más allá de los US\$100.000 millones al año.

### 1.1.3

## NDC, MDL, NAMAS Y LCTPI como instrumentos para la mitigación y adaptación al cambio climático

### NDC "Contribuciones Nacionalmente Determinadas"

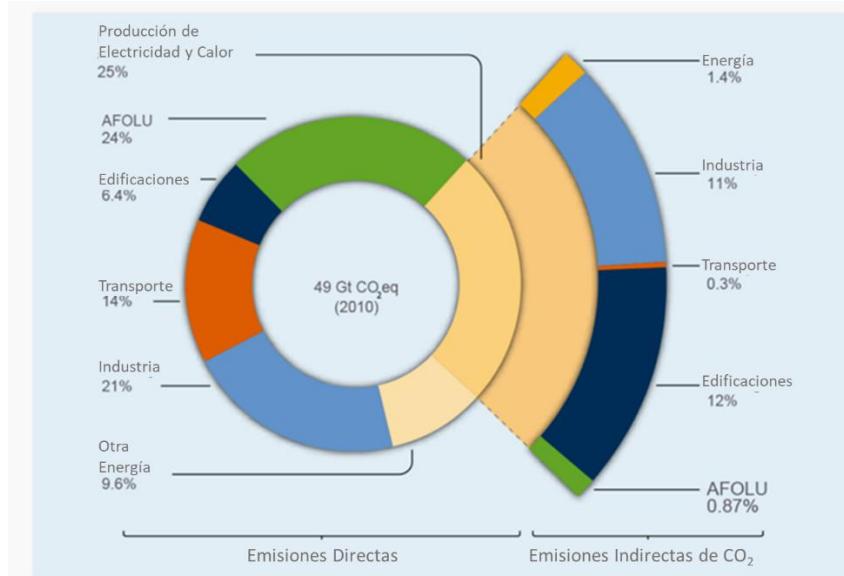
Las NDC son compromisos particulares por sector que los países presentan para reducir sus GEI al año 2030. Ellas son el núcleo del Acuerdo de París y de la consecución de esos objetivos a largo plazo. Las contribuciones determinadas a nivel nacional encarnan los esfuerzos de cada país para reducir las emisiones nacionales y adaptarse a los efectos del cambio climático. En algunos casos se reporta específicamente a la industria del cemento con contribuciones que van desde el 2% al 6% de los GEI del país. Esta información es parte del estudio desarrollado por Factor CO<sub>2</sub>eq para FICEM en el año 2015, donde se pueden apreciar grandes diferencias en los aportes de los países de la región. Además, estos compromisos incluyen instrumentos de adaptación, financiación y transferencia tecnológica.

Figura 7. Emisiones de GEI por sector económico a nivel mundial

Fuente. Climate Change Informe IPCC 2014

A la fecha, más de 170 países responsables de más del 95% de las emisiones han remitido a las Naciones Unidas sus compromisos de reducción. El efecto agregado de estas contribuciones, según la ONU, supondría un aumento de temperatura de 2,7°C al final del siglo, por lo que a pesar del desafío que suponen las contribuciones propuestas, la meta de no aumentar más de 2°C sería superada.

En la siguiente figura se pueden ver las emisiones (directas e indirectas) de GEI asociadas a los distintos sectores económicos.



## MDL "Mecanismos de Desarrollo Limpio"

---

Los MDL son metodologías para la reducción de emisiones de GEI que nacen del análisis de las mejores técnicas disponibles, y cuyo objetivo es ser replicados en distintos sectores. Ellos se crean a través del artículo doce del Protocolo de Kioto, a objeto que los países desarrollados cumplan con parte de sus compromisos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, y que los países en desarrollo se beneficien de las actividades de proyectos que generen certificados de carbono. Pueden participar en él, en forma voluntaria, países desarrollados y países en desarrollo que hayan ratificado dicho protocolo.

En el caso de los análisis de los proyectos latinoamericanos MDL para el sector cementero, y de las técnicas que se utilizan en éstos, se indican las principales metodologías existentes para la reducción de emisiones:

- Sustitución de combustibles fósiles por combustibles alternativos (biomasa, llantas, residuos sólidos urbanos, por ejemplo).
- Aumentar el uso de adiciones minerales en la producción de cemento (Reducción de factor clínker).
- Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción de clínker.
- Mejorar la eficiencia energética (instalación de nuevos hornos, modernización, moliendas optimizadas, molinos verticales, entre otros).

- Industrialización en la construcción (downstream), mediante el reemplazo de sistemas tradicionales de mampostería cerámica con morteros de asiento a base cemento, por paneles de concreto y terminaciones de, por ejemplo, revestimientos a base de yeso.

La gran mayoría de los proyectos registrados en Latinoamérica, como Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, México, Perú y Uruguay, utilizan principalmente la metodología de sustitución de combustibles fósiles por combustibles alternativos. México es el único país que registra un proyecto MDL que utiliza la metodología referida al incremento en la producción de cementos adicionados, reduciendo el contenido de clínker. Particularmente en Perú, se tiene el proyecto MDL de Cambio parcial de carbón por gas natural.

En la precedente Figura 7, la producción de cemento forma parte del sector económico Industria, el cual es responsable del 21% de emisiones directas y del 11% de las emisiones indirectas de GEI a nivel mundial.

## NAMA "Acciones nacionales de mitigación apropiadas"

---

Las NAMA son un conjunto de propuestas para alcanzar un desarrollo sostenible bajo en emisiones de GEI, de manera medible, reportable y verificable. Éstas deben ser factibles, es decir, coherentes con las particularidades del país donde se implementan, y puedan ser apoyadas con financiamiento, tecnología y formación de capacidades por parte de la comunidad internacional. Este concepto fue introducido en la Conferencia de las Partes (COP) en Bali en el 2007 como un medio para que los países en desarrollo indiquen las acciones de

mitigación que estaban dispuestos a tomar como parte de su contribución a un esfuerzo global.

A su vez, las NAMA forman parte del componente de mitigación de las NDC y sus sistemas de MRV, habilitando a los países para reportar, de forma transparente, el progreso de sus acciones de implementación para lograr las metas de sus NDC.

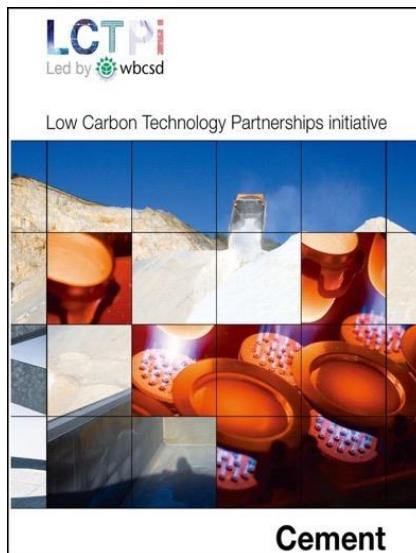
En el caso de la realidad cementera latinoamericana, el estudio de Factor CO<sub>2</sub>eq para FICEM señala dos NAMA, las cuales señalan el uso de herramientas de corto a mediano plazo en el desarrollo de planes de acción para la mitigación, estas son:

- **NAMA de República Dominicana** en cemento/sector residuos y coprocesamiento.

- **NAMA de Perú** en la industria de la construcción (eficiencia energética y buenas prácticas en la industria del cemento, ladrillo y acero).

## LCTPi “Low Carbon Technology Partnerships”

---



El LCTPi se enfocó, por un lado, en definir objetivos claros, y por otro en la implementación de los Roadmaps para el desarrollo a largo plazo de tecnologías “claves” para la reducción de emisiones. Actualmente, hay nueve áreas de enfoque en los que se trabaja para desarrollar soluciones de tecnología de bajas emisiones de carbono, entre las que se encuentran: uso de energías renovables, captura y almacenamiento de carbono, eficiencia energética en edificios, uso de combustible y transporte de bajo carbono, uso responsable de suelos, producción baja en CO<sub>2</sub>eq en la industria química y de cemento.

Según la evaluación de impacto de PwC, publicada en noviembre de 2015, estos proyectos podrían, si se aplican plenamente, aportar el 65% de las reducciones de emisiones necesarias en el año 2030.

La iniciativa *Low Carbon Technology Partnerships*<sup>5</sup>, dirigida por el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD, por sus siglas en inglés), la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible (SDSN por sus siglas en inglés) y la IEA (Agencia Internacional de Energía) buscan, a través de esta iniciativa, canalizar acciones para el desarrollo de tecnologías bajas en carbono.

LCTPi ha reunido a más de 150 empresas globales con 70 socios para trabajar colaborativamente. Ésta es una iniciativa del Programa de Soluciones para la COP 21. Después de la cual, se llevaron a cabo reuniones en Durban, San Pablo, Nueva Delhi, Nueva York, Pekín y Londres, donde los planes de acción fueron compartidos y conformados con los aportes de las partes interesadas.

<sup>5</sup> Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible, WBCSD, *Low Carbon Technology Partnerships Initiative, 2015*

## 1.1.4

### Race to Zero (UNFCCC)

---

Race To Zero, impulsada desde las Naciones Unidas y liderada por la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), es una campaña global para reunir el liderazgo y el apoyo de empresas, ciudades, regiones e inversores para una recuperación saludable, resiliente y cero emisiones de carbono que prevenga amenazas futuras, cree empleos dignos y desbloquee un crecimiento inclusivo y sostenible.

Moviliza una coalición de iniciativas líderes de cero emisiones netas, que representan a 733 ciudades, 31 regiones, 3.067 empresas; 173 de los mayores inversores y 622 instituciones de educación superior. Estos actores de la "economía real" se unen a 120 países en la alianza más grande jamás comprometida a lograr cero emisiones netas de carbono para 2050 a más tardar. En conjunto, estos actores ahora cubren casi el 25% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> y más del 50% del PIB.

Liderado por los High Level Climate Champions para la Acción Climática, Race To Zero moviliza a actores fuera de los gobiernos nacionales para unirse a la Alianza de Ambición Climática, que fue lanzada en la Cumbre de Acción Climática 2019.

El objetivo es generar impulso en torno al cambio hacia una economía descarbonizada antes de la COP26, donde los gobiernos deben fortalecer sus contribuciones al Acuerdo de París. Esto enviará a los gobiernos una señal rotunda de que las empresas, las ciudades, las regiones y los inversores están unidos para cumplir con los objetivos de París y crear una economía más inclusiva y resiliente.

Ya en el año 2018, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), advirtió que el calentamiento global no debe superar los 1,5°C por encima de las temperaturas preindustriales para evitar los impactos catastróficos del cambio climático. Para lograr esto, las

emisiones GEI deben reducirse a la mitad para 2030 y caer a cero neto para 2050.

Se requiere que los compromisos presentados por las redes e iniciativas reconocidas en la campaña Race to Zero cumplan con un conjunto mínimo de criterios de procedimiento. Estos criterios de proceso representan la "Línea de Partida" para la carrera, por lo que cumplirlos no implica necesariamente que un actor esté en camino al cero neto, solo que haya comenzado el proceso.

Estos "meta-criterios" se conocen como las Cuatro 'P's:

**1. Promesa:** Comprometerse a nivel de jefe de organización a alcanzar cero GEI (netos) lo antes posible, y a mediados de siglo a más tardar, en línea con los esfuerzos globales para limitar el calentamiento a 1.5 °C. Establecer un objetivo provisional para lograr en la próxima década, que refleje el máximo esfuerzo hacia o más allá de una parte justa de la reducción global del 50% en CO<sub>2</sub> para 2030 identificada en el Informe Especial del IPCC sobre el Calentamiento Global de 1.5 °C.

**2. Plan:** Dentro de los 12 meses posteriores a la adhesión, explique qué acciones se tomarán para lograr las promesas de contribuciones a corto y largo plazo, especialmente a corto y mediano plazo.

**3. Proceder:** Tomar medidas inmediatas para lograr el cero (neto), de acuerdo con la entrega de los objetivos intermedios especificados.

**4. Publicar:** Comprometerse a informar públicamente tanto el progreso hacia los objetivos intermedios y a largo plazo, como las acciones que se están tomando, al menos una vez al año. En la medida de lo posible, informe a través de plataformas que alimentan el Portal de Acción Climática Global de la CMNUCC

## 1.2

# Estrategia de la Industria del Cemento

### 1.2.1

#### Global Cement and Concrete Association “GCCA” e Iniciativa para la Sostenibilidad del Cemento “CSI”

---

La GCCA es una asociación global dedicada al fortalecimiento y desarrollo de la industria del cemento y el concreto en su contribución a la construcción sostenible. Con este fin, la GCCA promueve la construcción de edificios e infraestructuras duraderas, resistentes y ambientalmente sostenibles a nivel global.

Además del desarrollo sostenible y la urbanización, la mitigación y adaptación al cambio climático, y la innovación en toda la cadena de valor de la construcción, son también temáticas prioritarias en la agenda del GCCA.

La GCCA fue fundada a principios de 2018. A partir del 1 de enero de 2019, CSI fue asumida por la GCCA. Este

cambio forma parte de una nueva asociación estratégica firmada entre el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) y la GCCA, que tiene por objetivo facilitar el desarrollo sostenible en los sectores de cemento y concreto.



#### Iniciativa para la Sostenibilidad del cemento “CSI”

Durante sus casi 20 años de historia, Cement Sustainability Initiative (CSI), se centró en definir los contenidos para una gestión responsable en la producción de cemento a nivel global. Entre sus ejes de

trabajo se destacó el cambio climático, el consumo de combustibles, la seguridad de los colaboradores, las emisiones en el aire, el reciclaje de concreto y la gestión de canteras.

Además de haber desarrollado el LCTPi de la industria, CSI impulsó el proyecto “Getting the Numbers Right”<sup>6</sup>, más conocido como “GNR”, (traducido al español, “Obteniendo los Datos Correctos”) que, mediante una plataforma de datos, entrega información sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>eq y la eficiencia energética de la industria cementera mundial, facilitando la comprensión de su potencial de mejora.

Basado en la iniciativa CSI, el objetivo para la industria cementera será reducir las emisiones CO<sub>2</sub> eq entre el 20% y 25% al 2030 a través de las siguientes acciones:

- 1** Aumentar la cobertura de la base de datos de CO<sub>2</sub>eq y uso de energía del sector, centrándose específicamente en China que representa alrededor del 60% de la producción mundial de cemento.
- 2** Aumentar la eficiencia energética del proceso de fabricación del cemento.
- 3** Ampliar la recopilación, disponibilidad y el uso de combustibles y materias primas alternativas de buena calidad, incluidos los residuos de otros sectores en un concepto de economía circular.
- 4** Reducir aún más el contenido de clínker en los cementos para minimizar la parte del proceso intensivo en energía.
- 5** Desarrollar cementos nuevos con menores requerimientos de energía y calcinación.
- 6** Implementar el análisis de ciclo de vida completo para edificios y proyectos de infraestructura, que permita identificar y reducir las emisiones de GEI mediante soluciones basadas en el uso de cemento y productos de concreto.
- 7** Evaluar iniciativas intersectoriales; en particular, la oportunidad de capturar, usar y almacenar carbono a gran escala.

---

<sup>6</sup> The Cement Sustainability Initiative, CSI, Cement Industry Energy and CO2 Performance “Getting the Numbers Right”, 2009

## 1.2.2

### Obteniendo los datos correctos – GNR (Getting the Numbers Right)

---

GNR es una base de datos gestionada de forma independiente, sobre el desempeño en emisiones de CO<sub>2</sub> y consumo de energía en la industria global del cemento (849 instalaciones individuales que representan el 19% de la producción mundial de cemento). Todas las compañías participantes y grupos de interés tienen acceso a reportes estandarizados; también es posible realizar y obtener solicitudes adicionales sobre temas específicos, siempre dentro de estrictos lineamientos de confidencialidad.

Los objetivos de GNR son:

- Ofrecer una base de datos confiable y verificable.
- Reconocer las áreas de oportunidad y su contribución a las metas de reducción de CO<sub>2</sub> eq.
- Fortalecer la reputación de la industria cimentera ante las autoridades.

La base de datos GNR suministra información uniforme, exacta y verificada para que la industria comprenda su desempeño actual, como también potencial. Igualmente, ofrece información vigente y relevante para procesos de análisis y toma de decisiones para los diseñadores de políticas.

Además, cumple con la normativa legal y es administrada y auditada por un proveedor independiente. Los participantes individuales únicamente tienen acceso a reportes elaborados a partir de los datos de su propia

compañía, o de datos agregados del sector. La información confidencial de empresas o plantas no es divulgada, no puede ser consultada y está protegida por medidas de seguridad técnicas y contractuales.

En origen, las entidades-miembros de GNR fueron 24 compañías cimenteras que integran, conjuntamente, una tercera parte de la producción mundial de cemento. Desde el año 2011, FICEM es parte de esta iniciativa, con lo que se ha logrado incluir las empresas que operan en Latinoamérica. Desde el año 2018, GCCA toma este proyecto, GNR, como propio.

En la Tabla 1 se muestra el nivel de cobertura por región, destacando Europa y Norteamérica con el 90% y 77%, respectivamente. En el caso de Latinoamérica, se encuentra muy por sobre el promedio global, con una cobertura cercana al 71%, pero con una brecha importante que cubrir para aumentar la representatividad del GNR y así poder proyectar los reales potenciales de reducción de CO<sub>2</sub> eq de la región.

A la base de datos GNR del año 2012, se aplicó la versión 3 del CSI "Protocolo de CO<sub>2</sub> y energía: Norma de Contabilidad e Informe de CO<sub>2</sub> para la Industria del Cemento" (publicada en el año 2011), cuyos nuevos índices incluyen datos sobre el uso de electricidad en la fabricación de clínker y en la generación de electricidad usando calor residual.

Tabla 1. Cobertura del Proyecto GNR por región año 2019

Fuente. GNR Project Reporting CO<sub>2</sub>, 2019

COBERTURA DEL PROYECTO GNR POR REGION				
Región	Número Plantas	Producción Cemento Reportada en GNR (millones de toneladas)	Total Producción Cemento Región (millones de toneladas)	Cobertura (%)
Mundial	878	885	4117	22
Africa	77	70	224	31
Asia (sin China) + Oceanía	60	101	374	27
Medio Oriente	30	28	206	14
Europa	281	175	194	90
Norteamérica	98	86	100	86
Latinoamérica	160	128	174	74
Centroamérica	53	45	61	74
Sudamérica ex. Brasil	51	40	57	69

### 1.2.3

## LCTPi Cemento

La necesidad que la producción de cemento cuente con una estrategia de acción climática propia radica en que su nivel de emisiones es relevante, alcanzando cerca del 7% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub>. La Figura 8 muestra las emisiones de la industria del cemento en

comparación con las emisiones de los combustibles fósiles. La Figura 9, por otra parte, muestra una comparación de emisiones conjunta de combustibles fósiles y cemento, con otras fuentes de emisiones antropogénicas desde distintas zonas globales.

Figura 8. Emisiones anuales de CO<sub>2</sub> procedentes de combustibles fósiles y emisiones antropogénicas

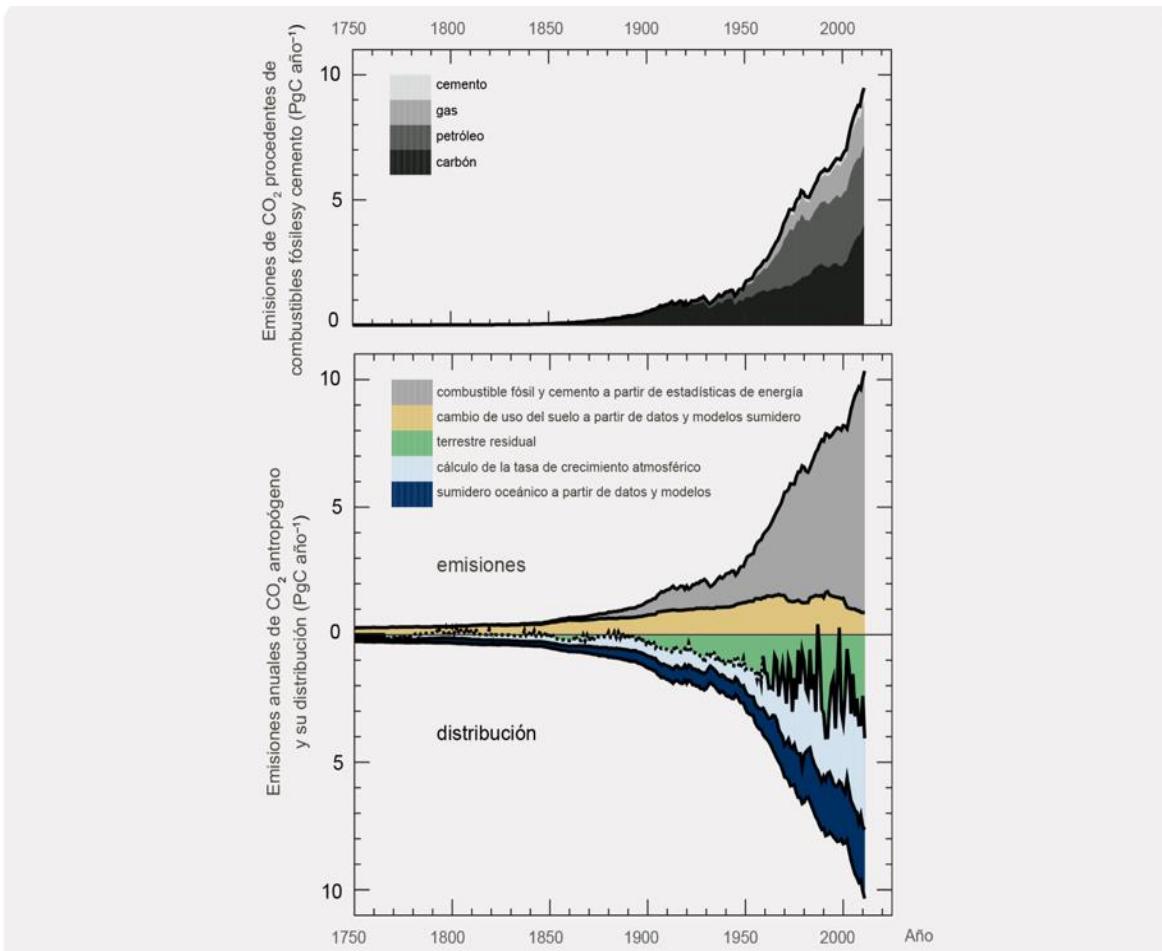
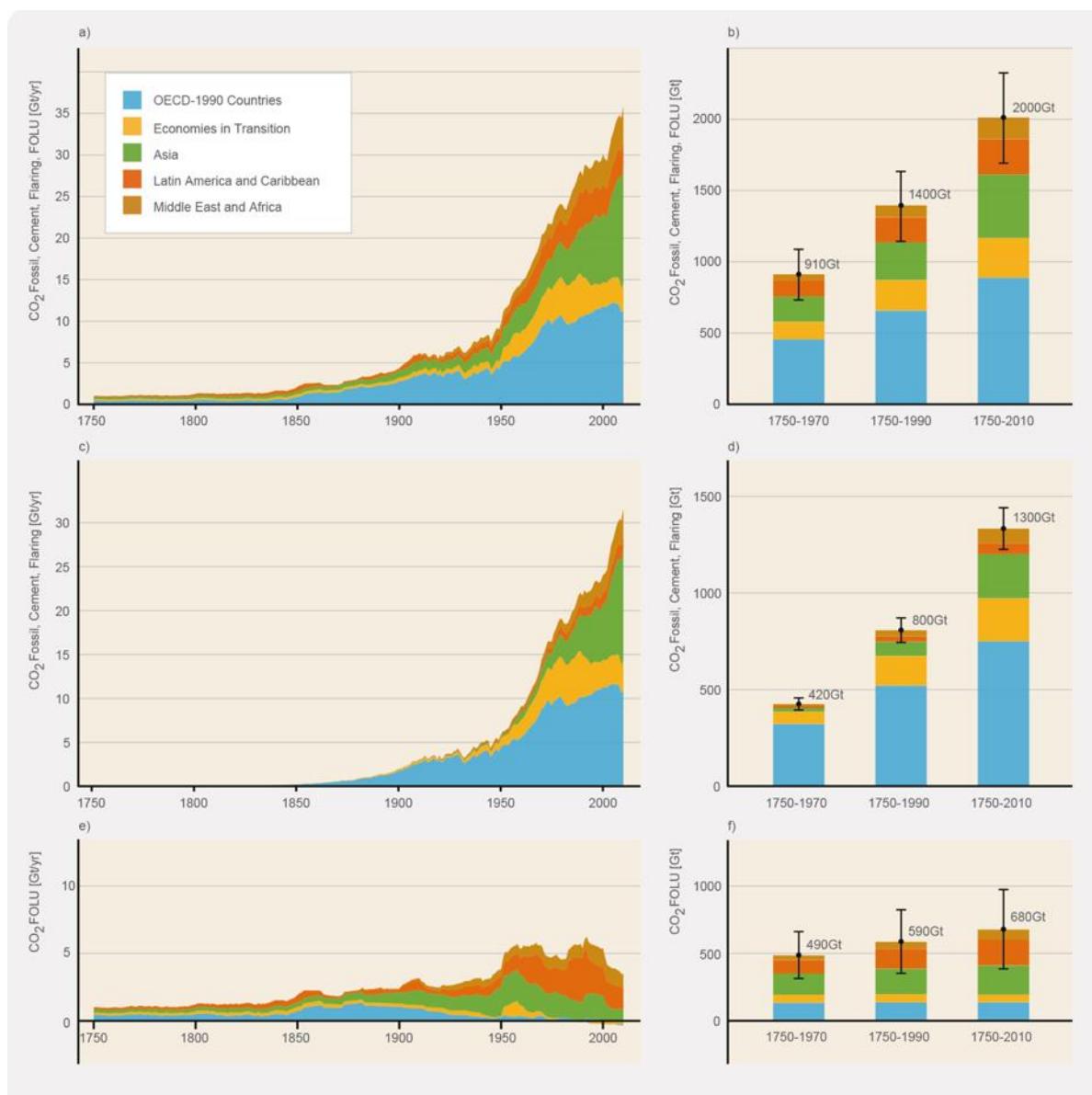


Figura 9. Emisiones antropogénicas históricas de CO<sub>2</sub> desde diferentes emisores y Zonas Globales



# 1.3

## Technology Roadmap CSI - 2018

### 1.3.1

#### Roadmap: “Transición a una industria del cemento baja en carbono”

---

Durante el año 2018, CSI publicó el “*Technology Roadmap de CSI: Transición a una Industria del cemento baja en carbono*”<sup>7</sup>, siendo éste una actualización al Roadmap publicado el año 2009.

En este documento se señala que “*el aumento de la población mundial y los patrones de urbanización, junto a las necesidades de desarrollo de infraestructura, incrementan la demanda de cemento y concreto*”. En este sentido, se estima que la producción mundial de cemento crecerá, con respecto al nivel actual, entre un 12% y un 23% para el año 2050. Algunas regiones, tales como la República Popular China y el Medio Oriente, tienen un exceso de capacidad de producción de cemento, con niveles de producción de cemento *per cápita* muy por encima del promedio mundial. Otras regiones, como India y África, aumentarán su capacidad de producción de cemento doméstico para satisfacer las necesidades asociadas al desarrollo de infraestructura.

De acuerdo con el *Escenario Tecnológico de Referencia (RTS)* de la IEA, es esperable que las emisiones directas de CO<sub>2</sub> de la industria del cemento aumenten un 4% a nivel mundial para el año 2050, a pesar del aumento del 12% en la producción mundial de cemento en el mismo periodo.

Considerando el aumento esperado en la producción mundial de cemento, es importante tener presente que una transición sostenible al Escenario 2DS (2°C) implica una reducción significativa (24%) de las emisiones directas mundiales de CO<sub>2</sub> en la fabricación de cemento para el año 2050, en comparación con los niveles actuales. Esto significa reducciones acumuladas de emisiones de 7,7 GtCO<sub>2</sub> en comparación con el RTS para el año 2050, alcanzando 1,7 GtCO<sub>2</sub>, lo que equivale al 90% del total mundial actual de las emisiones industriales directas de CO<sub>2</sub>.

Implementar esta visión requiere un desarrollo progresivo y el desarrollo de ejes de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, políticas de apoyo, colaboración público-privada, mecanismos de financiamiento y aceptación social.

---

<sup>7</sup> Iniciativa para la Sustentabilidad del Cemento, CSI, Technology Roadmap de CSI: Transición a una Industria del cemento baja en carbono, 2018.

Cambiar a combustibles alternativos (combustibles carbono neto cero), reducir la relación de clínker a cemento, mejorar la eficiencia energética, e integrar la captura de carbono en la producción de cemento, son los principales ejes de mitigación de carbono que apoyan la sostenibilidad de la transición del sector cementero.

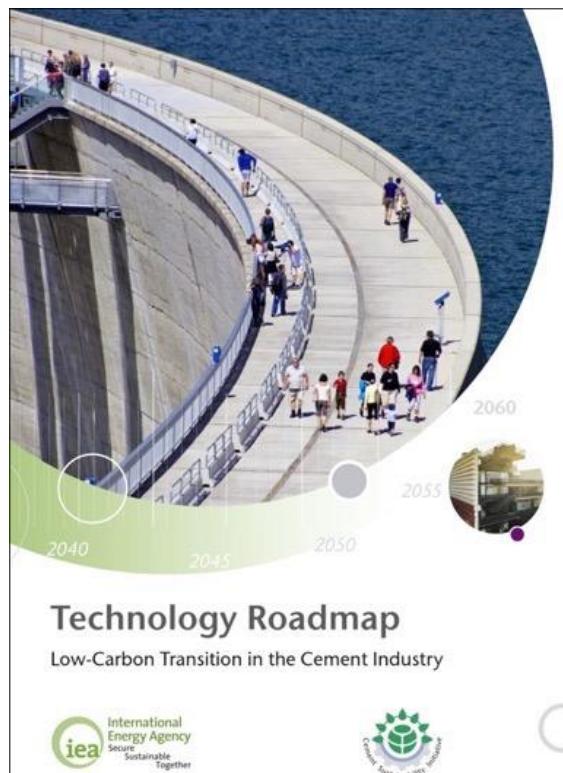
La integración de tecnologías emergentes e innovadoras, como la captura de carbono y la reducción del contenido de clínker en el cemento, son consideradas para entregar las mayores reducciones acumuladas de emisiones de CO<sub>2</sub> en el 2DS, en comparación con el RTS, para el año 2050, con un 48% y un 37% de contribución respectivamente. El resto de la reducción se produce al cambiar a combustibles con un bajo contenido de carbono y, en menor medida, a través de una mayor eficiencia energética.

Cabe destacar que los potenciales de reducción del *Roadmap* 2009, actualizado el año 2018, se han basado

en los *Papers* desarrollados por la ECRA para CSI. Dichos *papers* describen las tecnologías existentes y potenciales, y cómo pueden ayudar a la industria a reducir a la mitad las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> en todas las áreas de los negocios y la sociedad.

El potencial de reducción de CO<sub>2</sub> en la producción de cemento se basa en cuatro ejes (los mismos que se han manejado hasta la fecha), pero además se incluye un nuevo punto para ser revisado: las Materias Cementicias Suplementarias.

Cabe destacar que este *Roadmap* sólo abarca el proceso de fabricación de cemento, a lo que, por recomendación de CSI y IEA, se reconoce que el potencial de reducción se deberá ampliar a todo el ciclo de vida del cemento en un futuro próximo, incluyendo al concreto y a la construcción, lo cual es un nuevo e importante desafío para la industria.



## Ejes de Reducción

En el *Roadmap CSI* se analizan los ejes de reducción de emisión de CO<sub>2</sub>, los cuales se basan en las tecnologías investigadas por la ECRA, documento publicado en el año 2009 y actualizado el 2017. Los ejes tienen por

objetivo apoyar las estrategias de las distintas Hojas de Ruta del cemento para el logro de su transición hacia una economía baja en carbono. Estos son:



### EJE 1

#### Eficiencia energética y térmica

**Desafíos a la implementación:** los **costos de capital** pueden ser significativos. Una disminución considerable en el consumo específico de energía solo se logrará mediante modificaciones importantes, que, a menudo, conllevan altos costos de inversión y pueden ser financieramente inviables.

La **mejora en el sistema de operación y la capacitación del personal involucrado** es necesaria para las instalaciones modernizadas. La eficiencia energética se logra mediante una operación adecuada, así como el uso de equipos de proceso apropiados. Las tecnologías avanzadas en eficiencia energética requieren nuevas prácticas de operación y mantenimiento.

Un **mercado de tamaño adecuado** es necesario para operar las instalaciones a plena capacidad. Los equipos de proceso operando en su máximo nivel de acuerdo con el diseño, con cargas continuas de trabajo, ofrecen un rendimiento energético óptimo.

Las **condiciones locales**, como las características de la materia prima, la composición del clínker y el tamaño típico de la planta, así como los requisitos de finura del cemento, afectan el requerimiento de energía por tonelada de cemento.

Otros **ejes de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>** pueden ser correlacionados con la eficiencia energética. Por ejemplo, un mayor uso de combustibles alternativos generalmente aumenta el consumo específico de energía debido a un mayor requerimiento de aire y contenido de humedad.

Las tecnologías actuales son lo suficientemente maduras como para permitir la recuperación del exceso de calor y su utilización en mejoras de la eficiencia energética. Por lo tanto, las emisiones totales de CO<sub>2</sub> más bajas a través de un mayor uso de combustibles alternativos superan la desventaja de un mayor consumo de energía específico.

Los **requerimientos ambientales más exigentes** pueden conducir, en algunos casos, a un aumento del consumo de energía; por ejemplo, límites más rigurosos en las emisiones de polvo requieren más potencia para la separación del polvo en las emisiones gaseosas, independientemente de la tecnología aplicada.

**Necesidades y metas de investigación y desarrollo:** existe una gama de tecnologías de molienda en fase de investigación y desarrollo (I+D). Se debe investigar su aplicabilidad e impacto en la industria del cemento. Un ejemplo son los sistemas de molienda libres de contacto (por ejemplo, tecnología vortex), que podrían presentar claras ventajas, dada la durabilidad limitada de los elementos de desgaste en los sistemas actuales de molienda. La ECRA ha establecido un proyecto de investigación dedicado a la molienda eficiente en la industria del cemento.

El proyecto es precompetitivo e involucra a las partes interesadas intersectoriales, incluidos los proveedores de equipos (ECRA y CSI, 2017).

Una mayor optimización al adoptar un enfoque holístico, en áreas tales como la distribución del tamaño de partículas y los sistemas auxiliares de molienda, podría generar beneficios de eficiencia energética.



## EJE 2

### Combustibles alternativos

**Desafíos a la implementación:** aunque los hornos de cemento podrían modificar su matriz térmica a un 100% de combustibles alternativos, existen algunas limitaciones prácticas que impiden que ello ocurra. Las propiedades físicas y químicas de la mayoría de los combustibles alternativos difieren significativamente de los combustibles convencionales; mientras algunos de ellos, pueden ser utilizados fácilmente por la industria del cemento, muchos otros pueden causar problemas técnicos, por ejemplo, la presencia de metales (mercurio, cadmio y talio) deben manejarse con cuidado, y es necesaria la eliminación adecuada del polvo del sistema en el horno de cemento. Esto significa que el pretratamiento de residuos para la obtención de un combustible alternativo es, a menudo, necesario para garantizar una composición uniforme y una combustión óptima, y minimizar el contenido de sustancias potencialmente problemáticas.

Existen otras barreras para aumentar el uso de combustibles alternativos en la industria del cemento. La ausencia o inadecuada legislación, como la falta de control sobre la gestión de residuos afecta significativamente la disponibilidad. La mayor sustitución de combustibles solo tiene lugar si la legislación de residuos locales o regionales promueve la recuperación de energía en hornos de cemento en lugar de vertederos (u otros métodos de tratamiento térmico menos eficientes) y, por otro lado, si permite la recolección y tratamiento de residuos para la obtención de un combustible alternativo. Por otra parte, el costo de oportunidad de la gestión de residuos actualmente promueve que los residuos se dispongan en rellenos sanitarios y en el peor de los casos en botaderos clandestinos

Las redes locales de recolección de residuos deben ser adecuadas.

El nivel de **aceptación social** de los combustibles de desecho de coprocesamiento en las plantas de cemento puede afectar notablemente el consumo local. A menudo, las personas se preocupan por las emisiones nocivas del coprocesamiento, aunque los niveles de emisiones de las plantas de cemento bien administradas que usan combustibles alternativos no representan un problema específico.

**Burocracia compleja:** en muchos casos, obtener un permiso para el uso de combustibles alternativos implica largos procedimientos y varios requerimientos administrativos diferentes.

**Necesidades y objetivos de I+D:** para usar combustibles alternativos de forma segura y limpia, los materiales adecuados se deben identificar y clasificar, así como los procesos de recolección y tratamiento deben cumplir con los estándares. El conocimiento adquirido durante I+D del procesamiento y uso de tales combustibles debe ser compartido; esto permitiría contar con una experiencia extendida en el uso de combustibles alternativos a volúmenes altos y estables. Es importante identificar las condiciones adecuadas para asegurar una combustión completa, así como desarrollar estrategias para facilitar el uso de combustibles alternativos en los hornos de cemento (por ejemplo, la evaluación automática del combustible alternativo y el ajuste de las condiciones de funcionamiento del horno).



## EJE 3

### Sustitución de Clínker

**Desafíos a la implementación:** la **disponibilidad regional** de adiciones minerales sigue siendo crítica en términos de cantidad/calidad y su impacto en los costos. Se espera que la disponibilidad de escoria granulada de altos hornos siderúrgicos y cenizas volantes disminuya.

La **práctica actual, la conciencia del mercado y la aceptación** deberían mejorarse porque, en algunas regiones, los consumidores y contratistas son reacios a seleccionar cementos con adiciones en lugar de cementos "puros" (sin adiciones minerales). Esto puede atribuirse a la falta de conciencia de los consumidores y a la falta de capacitación/educación de los contratistas.

Los **estándares de construcción** varían regionalmente en términos del tipo de cementos con adiciones que se permiten para la construcción.

Las **distancias entre las fuentes** de adiciones minerales y las plantas de cemento, y los requerimientos logísticos, pueden ser barreras para su mayor uso porque afectan la viabilidad económica.

**Necesidades y objetivos de I+D:** la disponibilidad de adiciones minerales debe cuantificarse globalmente a partir de evaluaciones *bottom-up* locales.

La necesidad de evaluar continuamente sus propiedades a escala global es imperativa, teniendo en

cuenta la naturaleza variable de la mayoría de las adiciones minerales que se emplean para la fabricación de cemento. Se debe dar prioridad a la determinación de su huella ambiental (incluido el CO<sub>2</sub>), además de su efecto sobre la resistencia y durabilidad del cemento y el concreto. Estos estudios deben tener una visión holística al considerar las necesidades específicas relacionadas con la construcción.

Es imperativo que los esfuerzos de investigación se centren en identificar y desarrollar nuevas adiciones minerales. Las arcillas calcinadas son un caso con gran potencial, y se espera que investigaciones en curso brinden más información sobre el desempeño y durabilidad de los cementos que utilizan este tipo de adición.

En el mismo contexto, utilizar escoria de horno de arco eléctrico, las cenizas volantes, los residuos de bauxita y los relaves de operaciones mineras, permiten obtener beneficios similares al valorizar otros materiales, como el mejoramiento de las propiedades hidráulicas o puzolánicas y manejar la posible presencia de metales pesados. Las acciones de I+D son cruciales para abordar los desafíos del uso estos materiales alternativos.



## EJE 4

### Tecnologías Emergentes e Innovadoras: EHR; Energías Renovables; y Captura, uso y almacenamiento de CO<sub>2</sub> (CCS y CCU).

**EHR (Energy Heat Recovery)** para la generación de energía: la viabilidad económica sería el factor decisivo para un desarrollo más amplio en la industria del cemento, dada la adaptabilidad de las tecnologías de EHR a diferentes condiciones y ubicación de la planta (por ejemplo, disponibilidad de agua), y considerando la ausencia de requisitos legales de instalación obligatoria.

Por lo general, no es económicamente factible sin un apoyo financiero adicional u otros beneficios económicos indirectos (por ejemplo, costos evitados por paradas inesperadas del horno debido a un suministro de electricidad poco confiable o por valorizar la provisión de flexibilidad a la red eléctrica).

**Generación de energía renovable:** la disponibilidad de fuentes renovables locales (por ejemplo, radiación solar o velocidad y condiciones del viento) es el principal factor que influye en el desarrollo de tecnologías de generación de energía renovable en plantas de cemento o molienda. En general, las unidades de molienda son más adecuadas para usar energía renovable, debido a la flexibilidad en las horas de operación durante el día.

Los costos de la electricidad (por ejemplo, las condiciones de intercambio de electricidad) y los contextos de las políticas (por ejemplo, la disponibilidad de incentivos o políticas de permisos asequibles) pueden también influir en la adopción de energía eléctrica basada en energías renovables en la fabricación de cemento. Esto podría ser a través de la autogeneración o mediante acuerdos certificados de compra de energía renovables.

**Captura de CO<sub>2</sub> y Almacenamiento (CCS):** las políticas efectivas que proporcionan un incentivo económico para reducir la huella de carbono en la producción de cemento, y respaldan la cooperación público-privada intersectorial, la identificación de ubicaciones y diseños óptimos para las infraestructuras de transporte y almacenamiento de CO<sub>2</sub>, así como también la integración técnica de las tecnologías de captura de carbono demostradas en escala industrial y comercial, son el principal desafío para el desarrollo de CCS en el mercado.

**Altos costos estimados para la captura de CO<sub>2</sub>** en comparación con el costo específico de la producción de cemento. No obstante ello, se espera que el costo de la captura de carbono disminuya en el futuro debido al progreso técnico y científico. La conciencia pública de CCS aún es baja, y el público ha formado opiniones poco firmes sobre CCS y su papel para mitigar el cambio climático, excepto en algunos países europeos.

**El transporte es el vínculo crucial** entre las fuentes de emisiones de CO<sub>2</sub> y los sitios de almacenamiento. En la mayoría de los países, no se presta suficiente atención a las necesidades de tecnología e infraestructura. El transporte por tuberías presenta diferentes desafíos regulatorios, de acceso y de desarrollo en diferentes regiones. La magnitud, complejidad y distribución geográfica de los canales integrados de transporte de CCS requieren evaluaciones específicas de cada región. También se necesita más investigación para comprender

mejor la disponibilidad de almacenamiento a nivel mundial. Los hornos de cemento generalmente se encuentran cerca de grandes canteras de piedra caliza, que pueden no estar cerca de los sitios adecuados de almacenamiento de CO<sub>2</sub>. También es probable que los clusters de CCS se vean influenciados por su proximidad a fuentes de CO<sub>2</sub> mucho más grandes, como las centrales eléctricas de carbón.

**Captura de CO<sub>2</sub> y su utilización (CCU):** los obstáculos comerciales impiden que las vías de utilización de CO<sub>2</sub> nuevas y emergentes avancen rápidamente, y alcancen madurez de laboratorio a mercado, más allá de las limitaciones técnicas. Esto se debe en parte a los bajos costos de los combustibles alternativos, y a menudo, a la dependencia de una gran cantidad de electricidad basada en fuentes renovables. Lograr la generación de hidrógeno con cero emisiones de carbono garantizaría la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en esos casos.

La disponibilidad de tierra y agua, y el tamaño de los mercados aguas abajo (*downstream*) son otros factores limitantes para las aplicaciones de CCU. Se debe utilizar un enfoque de evaluación del ciclo de vida para medir la contribución específica de cada ruta de CCU, para permitir la aceptación medioambiental.

**Necesidades y objetivos de I+D:** la investigación continua en tecnologías de captura de carbono podría conducir a sistemas más optimizados, con costos de inversión e intensidades energéticas reducidas. Los desafíos técnicos y de innovación para la utilización de CO<sub>2</sub> se centran en aumentar la eficiencia de los procesos químicos y la innovación para nuevas vías de utilización de CO<sub>2</sub>. Una intensa investigación, mejores catalizadores y diseños de procesos, traerán mayores niveles de eficiencia, menores costos y menor consumo de material o producción de desechos.

Las nuevas e innovadoras formas de usar CO<sub>2</sub> y el uso de CO<sub>2</sub> no purificado pueden hacer posible más aplicaciones. Los desafíos para la mineralización son la reducción de los costos de procesamiento y la ampliación de la gama de materiales (de desecho) que pueden usarse como insumo (Sandalow *et al.*, 2017). La investigación se debe llevar a cabo a través de proyectos colaborativos en diferentes sectores industriales, emisores, transformadores (por ejemplo, industria química) y usuarios finales.



## EJE 5

### Materiales cementicios suplementarios

Los materiales cementicios suplementarios al clínker en el cemento, pueden ofrecer oportunidades para reducir las emisiones de carbono. Sin embargo, actualmente no existe un análisis robusto, disponible públicamente, del ciclo de vida de cualquiera de los materiales cementicios suplementarios en análisis, o una cuantificación comparativa asociada a los costos de producción.

Los materiales cementicios suplementarios que, en teoría, arrojan un mayor ahorro de CO<sub>2</sub>, a menudo están relacionados con mayores costos de producción, restricciones de disponibilidad y limitaciones de la aplicación en el mercado, o bien, se encuentran en etapas tempranas de desarrollo, costos logísticos por transporte, debido a la geografía del país. Estas circunstancias hacen que sea prematuro realizar una evaluación técnico-económica sobre las tecnologías y las vías de menor costo para la producción de cemento.

En muchas regiones, la ausencia de incentivos para reducir las emisiones de carbono en la fabricación de cemento afecta negativamente el uso de materiales cementicios suplementarios, cuyo desarrollo en el mercado, cuando están disponibles, está altamente determinado por los costos de producción. En la actualidad, el costo de las materias primas es un factor clave.

La investigación sobre la optimización del proceso de materiales cementicios suplementarios, está en la fase de demostración, y su avance podría crear posibilidades para su desarrollo comercial, produciendo mejoras medioambientales en el rendimiento actual de la industria.

Las asociaciones público-privadas pueden ser un mecanismo para aprovechar los recursos de financiación que permitan respaldar las pruebas demostrativas y las primeras investigaciones.



*El impacto de los cinco ejes señalados en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> no siempre es acumulativo, ya que pueden afectar de forma individual el potencial de reducción de emisiones de otras opciones.*

*Por ejemplo, el uso de combustibles alternativos generalmente requiere mayor energía térmica específica y electricidad, debido al mayor contenido de humedad en los combustibles fósiles. Esto significa que el funcionamiento del horno tendrá mayores niveles de aire en comparación con los combustibles fósiles convencionales y el pretratamiento de combustibles alternativos.*

*Incluir la Captura de carbono por infraestructura natural (bosques, humedales, Áreas Naturales Protegidas) en donde la maduración de las Alianzas Públicas Privadas con reglas claras que promueva este tipo de captura de carbono.*

### 1.3.3

## Requisitos de inversión y apoyo financiero

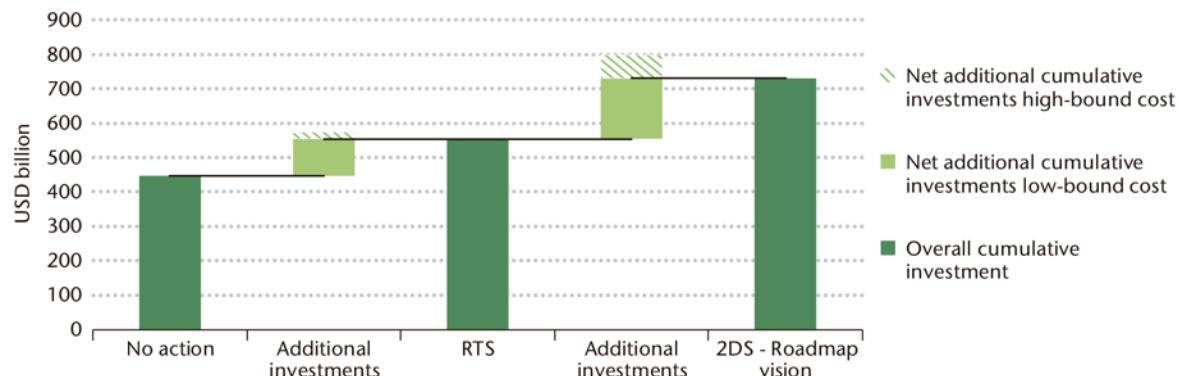
Los costos acumulativos netos adicionales de inversión para implementar esta visión del *Roadmap CSI*, en comparación con el RTS (Figura 10), se estiman en el orden de entre USD 176 mil millones y USD 244 mil millones. Estas estimaciones se basan en un examen de sensibilidad de límites bajo y alto de los costos de inversión de tecnología específica para hacer frente a la inherente incertidumbre de evaluar tecnologías que aún no han alcanzado la madurez comercial. La discusión de inversión se centra en el caso de baja variabilidad, como el caso de referencia de este *Roadmap*.

El RTS (Escenario Tecnológico de Referencia) ya integra cambios considerables en términos de ahorro de energía y emisiones de CO<sub>2</sub> en la industria del cemento, en respuesta a políticas y promesas anunciadas e implementadas. Por ejemplo, la intensidad de la energía térmica del clínker se reduce en un 8% y la intensidad de electricidad del cemento es reducida en un 9% para el

año 2050, por debajo de los niveles actuales en el RTS global. La contribución de los combustibles fósiles en el mix global de fuentes de energía térmica para la producción de clínker disminuiría en un 12% en el mismo periodo. El contenido de clínker en los cementos se mantiene estable en el tiempo, a pesar de la caída en la producción de cemento chino a nivel mundial. El RTS considera que las pruebas piloto y estudios de factibilidad de tecnologías de integración de captura de carbono en la industria del cemento se traducirían en un modesto desarrollo a largo plazo, con emisiones capturadas de carbono que representan el 3% del total generado de emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector cemento hacia el año 2050. Por lo tanto, las inversiones acumuladas y adicionales que se estiman necesarias en el marco de esta visión aumentarían entre USD 283 mil millones y USD 371 mil millones si la huella actual de las emisiones de energía y carbono de la fabricación de cemento se mantiene sin cambios a nivel mundial.

Figura 10. Necesidades acumulativas de inversión por escenario para 2050

Fuente. Roadmap CSI, 2018



Note: Net cumulative additional investment numbers are assessed considering low- and high-bound sensitivity ranges for specific investment costs. Overall cumulative investments displayed in the above graph refer to the low-bound cost range.

**Entre USD 107 mil millones a USD 127 mil millones se estiman como inversiones adicionales acumulativas para realizar el RTS globalmente, que necesitaría aumentar entre USD 176 mil millones y USD 244 mil millones para llegar a implementar la visión de la hoja de ruta (2DS).**

## 1.3.4

### Principales acciones del Roadmap CSI 2018

---

El *Roadmap CSI 2018* ha determinado las principales acciones a realizarse hasta el año 2050, agrupadas por eje de reducción, con responsabilidades en la Industria, en los gobiernos, o en forma compartida entre ambos, según sea el caso, en su desarrollo y concreción. Estas acciones se indican a continuación:

#### Eficiencia energética

- Políticas equitativas en los subsidios al precio de la energía.
- Eliminación gradual de los hornos largos e ineficientes, y de los procesos de producción de vía húmeda.
- Ajuste de objetivos en los programas de mejora de eficiencia en energía a nivel de planta o sector.

#### Cambio a combustibles y materias primas alternativas

- Desarrollo de la economía circular.
- Fortalecimiento de regulaciones de gestión de residuos y dar prioridad al coprocesamiento de residuos en lugar de su incineración o disposición en rellenos sanitarios.
- Intercambio de las mejores prácticas internacionales en trazabilidad y monitoreo de impactos.
- Capacitación de autoridades en temáticas relativas a otorgamiento de permisos, control y supervisión.
- Ampliar la conciencia pública de los beneficios de la optimización en la gestión de residuos.

#### Factor Clínker/Cemento

- Desarrollar normas técnicas y reglamentos de construcción que permitan un uso más generalizado de cementos con adiciones, que además garanticen la fiabilidad y durabilidad del producto en la aplicación final.
- Fomentar el uso de cementos con adiciones en las políticas de abastecimiento y contratación pública.
- Garantizar la trazabilidad / etiquetado / origen responsable de los materiales de construcción.
- Esfuerzos de I+D en materiales que puedan ser, potencialmente, adiciones minerales y que actualmente no se utilicen debido a restricciones de calidad.
- Promover la capacitación internacional con organismos nacionales de normalización e institutos de acreditación.

#### Tecnologías emergentes e innovadoras

- Mitigar los riesgos a través de mecanismos de inversión que aprovechen el financiamiento privado para tecnologías innovadoras con emisiones bajas de carbono, y a través de la promoción de asociaciones público-privadas.
- Alcanzar la demostración a escala comercial de la tecnología de oxícombustión para la captura de carbono en la producción de clínker, y obtener experiencia en el funcionamiento a gran escala de tecnologías de postcombustión.
- Coordinar la identificación y demostración de las redes de transporte de CO<sub>2</sub> a nivel regional, nacional e internacional, para optimizar el desarrollo de la infraestructura.
- Cooperación internacional para armonizar los enfoques relativos a la selección segura de los sitios de operación, mantenimiento, monitoreo y verificación del almacenamiento permanente de CO<sub>2</sub>.
- Desarrollar marcos regulatorios para CCS, coordinados internacionalmente, además de comunicar y capacitar al público y las partes interesadas “clave” sobre almacenamiento de carbono para alcanzar su aceptación social.
- Compensar las inversiones en fuentes de energía “limpias” y lograr mayor flexibilidad en las redes energéticas locales a través de, por ejemplo, incentivos fiscales para el uso de tecnologías que permitan la recuperación del calor en exceso.

## Materiales Cementicios Suplementarios

- Apoyar la investigación, ensayos y prueba piloto de cementos a base de aglomerantes alternativos, y desarrollar normas técnicas que faciliten su uso por parte del mercado.
- Continuar con el desarrollo comercial de materiales cementicios suplementarios.

## Promover la transición a un bajo nivel de carbono en el ámbito de la construcción

- Avanzar hacia mecanismos efectivos de fijación de precios internacionales estables para el carbono, incluyendo paquetes de estímulo financiero y medidas complementarias para compensar las presiones asimétricas de precios en los diferentes mercados.
- Fortalecer y actualizar las normas de construcción con el objetivo de lograr el objetivo de neutralidad de carbono en el ámbito de la construcción en el ciclo de vida completo.
- Mejorar el desarrollo y la implementación de soluciones bajas en carbono en el sector de la construcción, que consideren un enfoque de ciclo de vida, haciéndolos parte de las políticas de contratación pública.
- Transferencia tecnológica hacia arquitectos/ingenieros en la aplicabilidad de las mezclas de concreto de bajo carbono y cementos con alto contenido de adiciones, fomentando oportunidades de diseño ecológico en edificios e infraestructura en general.

En la siguiente tabla se señalan las proyecciones al año 2030, 2040 y 2050 de los principales indicadores relacionados a la industria global del cemento: producción de cemento y clíker, eficiencia energética, coprocesamiento, factor clíker y la intensidad de emisiones de CO<sub>2</sub> asociada.

Tabla 2. Principales indicadores y trayectorias del Roadmap CSI 2018  
Fuente. Elaboración propia a partir del Roadmap CSI 2018

Indicadores de la Industria Global del Cemento -Roadmap CSI 2018 -	Visión Roadmap CSI 2018 Caso de baja Variabilidad		
	2030	2040	2050
Producción Cemento (Mt/año)	4250	4429	4682
Factor Clinker a Cemento	0,64	0,63	0,60
Intensidad de Energía Térmica del Clinker (Gj/t clinker)	3,3	3,2	3,1
Intensidad de Electricidad del Cemento (GkWh/t cement)	87	83	79
Uso de Combustibles Alternativos (Porcentaje de consumo de energía térmica)	17,5	25,1	30,0
Intensidad Directa de CO <sub>2</sub> en el Proceso del cemento (tCO <sub>2</sub> /t cement)	0,33	0,30	0,24
Intensidad de Energía Directa de CO <sub>2</sub> en el Proceso de cemento (tCO <sub>2</sub> /t cement)	0,19	0,16	0,13
Total Intensidad Directa de CO <sub>2</sub> en el cemento (tCO <sub>2</sub> /t cement)	<b>0,52</b>	<b>0,46</b>	<b>0,37</b>

# 1.4

## GCCA Roadmap 2021

### Plan de trabajo hacia una industria del cemento y concreto neutra en carbono al año 2050 de la Asociación Mundial de Productores de Cemento y Concreto.

#### Diretrices de sostenibilidad – Transición del CSI

La Asociación Global de Cemento y Concreto (GCCA) anunció la formación de una asociación estratégica con el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) para facilitar el desarrollo sostenible de los sectores del cemento y el concreto y sus cadenas de valor. La nueva asociación también creó sinergias entre sus programas de trabajo para beneficiar tanto a la GCCA y WBCSD, como a sus respectivas compañías miembros. Como parte del nuevo acuerdo, el trabajo realizado por la Iniciativa de Sostenibilidad del Cemento (CSI) se transfirió del WBCSD al GCCA el 1 de enero de 2019, con actividades gestionadas desde la oficina de la GCCA en Londres.

Las Directrices de Sostenibilidad de CSI han sido reemplazadas por Directrices de Sostenibilidad de GCCA, por lo que el ámbito de trabajo sigue siendo aplicable en

este sentido, cuyo nuevo objetivo es la carbono neutralidad hacia el año 2050.

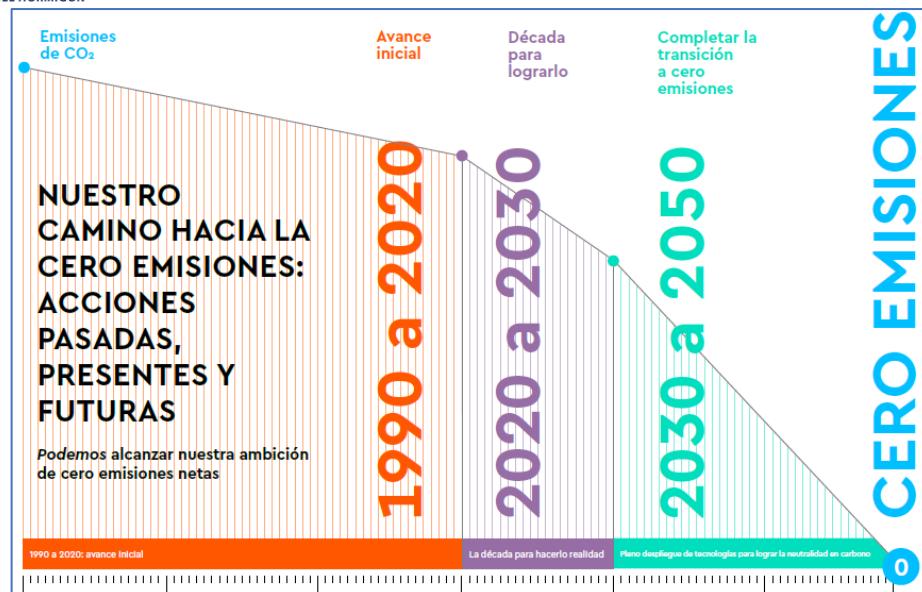
En este "futuro concreto", se expone el punto de vista positivo de cómo la industria del cemento y el concreto desempeñará un papel importante en la construcción del mundo sostenible del futuro. En los últimos cien años, el concreto ha revolucionado el área de la construcción en todo el mundo. Es el material de construcción esencial que le ha dado forma a nuestro mundo moderno. A medida que se afronta los importantes desafíos para las generaciones futuras, se está realizando los esfuerzos necesarios por construir un mundo mejor, abordando la necesidad de comunidades sostenibles y de prosperidad, incluidas infraestructuras clave, hogares, agua limpia y provisión de comunidades resistentes a medida que cambia el clima, así como apoyando la transición a un concreto con energía baja en carbono.

#### Compromiso y camino para construir un mundo sin emisiones de carbono.

El plan de trabajo para una industria del cemento y el concreto neutra en carbono para 2050 de la Asociación Mundial de Productores de Cemento y Concreto es un compromiso colectivo de las principales empresas de cemento y concreto del mundo para contribuir plenamente a la construcción del mundo sostenible del mañana.

En dicho plan de trabajo, se determina un camino hacia la neutralidad en carbono para contribuir a limitar el calentamiento global a 1,5 °C, según lo expuesto en el informe del 2018 del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). El sector se ha comprometido a producir concreto neutro en carbono para 2050 y está comprometido a actuar ahora.

La industria global ya ha mostrado avances y ha logrado reducciones proporcionales de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción de cemento del 20% en las últimas tres décadas. Dicho plan de trabajo pone de manifiesto una importante aceleración de las medidas de descarbonización, y se ha logrado la misma reducción en solamente una década. Se destaca una reducción proporcional de las emisiones de CO<sub>2</sub> a causa del concreto del 25% para 2030 respecto del año 2020, como hito clave en el camino hacia la plena descarbonización a mediados de siglo. Con las acciones del plan de trabajo de ahora a 2030, se evitará que casi 5000 millones de toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> entren a la atmósfera, comparado con un escenario sin cambios.



### De 2020 a 2030: la década para hacerlo realidad

Se acelerará las reducciones a lo largo de esta década crítica. En lo que respecta a la sustitución del clínker, el aumento del uso de cenizas volantes y escoria granulada de alto horno (GGBS) seguirá desempeñando un papel importante en esta década; la piedra caliza molida, los finos de concreto reciclado y la introducción de arcillas calcinadas y otros nuevos materiales prometedores también desempeñarán un papel creciente.

Otras reducciones significarán limitar el uso de combustibles fósiles en cada punto de las cadenas de suministro y producción, así como reutilizar los residuos de la sociedad como una alternativa inteligente y más ecológica. El avance en esta importante transición energética que, a la escala del sector, es sustancial.

Además, es fundamental que en esta década se desarrolle las tecnologías de vanguardia necesarias para su despliegue a escala comercial al final de la misma.

Invertir ahora en tecnologías e innovaciones futuras es primordial.

Se está invirtiendo e investigando en alternativas a los cementos de clínker Portland, lo que puede contribuir a reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, no obstante, es probable que tengan un papel limitado debido a la falta de materia prima a la escala necesaria.

La Captura, Utilización y Almacenamiento de Carbono (CCUS) es un componente esencial de este plan de trabajo. Los proyectos piloto de CCUS ya tienen un gran impulso, con proyectos vivos y anuncios que se están acelerando en Norteamérica, China, India y Europa. Esta tecnología funciona, por lo que se debe trabajar con las partes interesadas, como los legisladores y la comunidad inversora, para ayudar a desarrollar, reducir el riesgo y desplegar la tecnología y la infraestructura durante este tiempo para ayudar a transformar la industria en todo el mundo.

En esta década clave, se acelerará las reducciones de CO<sub>2</sub> mediante las siguientes acciones e iniciativas:

- aumento de la sustitución de clínker incluyendo cenizas volantes, arcillas calcinadas, GGBS y piedra caliza molida.
- reducción de los combustibles fósiles y aumento del uso de combustibles alternativos
- mejora de la eficiencia en la producción de concreto

- mejora en la eficiencia del diseño de proyectos de concreto y su uso en la construcción, incluido el reciclaje
- inversión en tecnología e innovación
- desarrollo de la tecnología y la infraestructura del CCUS

## Hitos de reducción de CO<sub>2</sub> en 2030

**Concreto → 25%** Reducción de CO<sub>2</sub> por m<sup>3</sup> de concreto para 2030

### 2030 a 2050: pleno despliegue de tecnologías para llegar a cero

En este periodo, se aprovechará los avances de la década anterior.

**Sustitución del clínker.** Si bien se reconoce que el suministro de cenizas volantes y GGBS probablemente disminuirá, la disponibilidad de caliza molida y arcilla calcinada aumentará y se utilizará como herramienta clave.

Incluso en la década de 2030 habrá margen para seguir utilizando combustibles alternativos para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Las alternativas a los cementos de clínker Portland también pueden desempeñar un papel en la descarbonización, aunque limitado, quizás en torno a un 5% del mercado.

En última instancia, las emisiones en los procesos significan que, aunque realizado todo lo posible por reducirlas, habrá que capturar el CO<sub>2</sub>, reutilizarlo si es

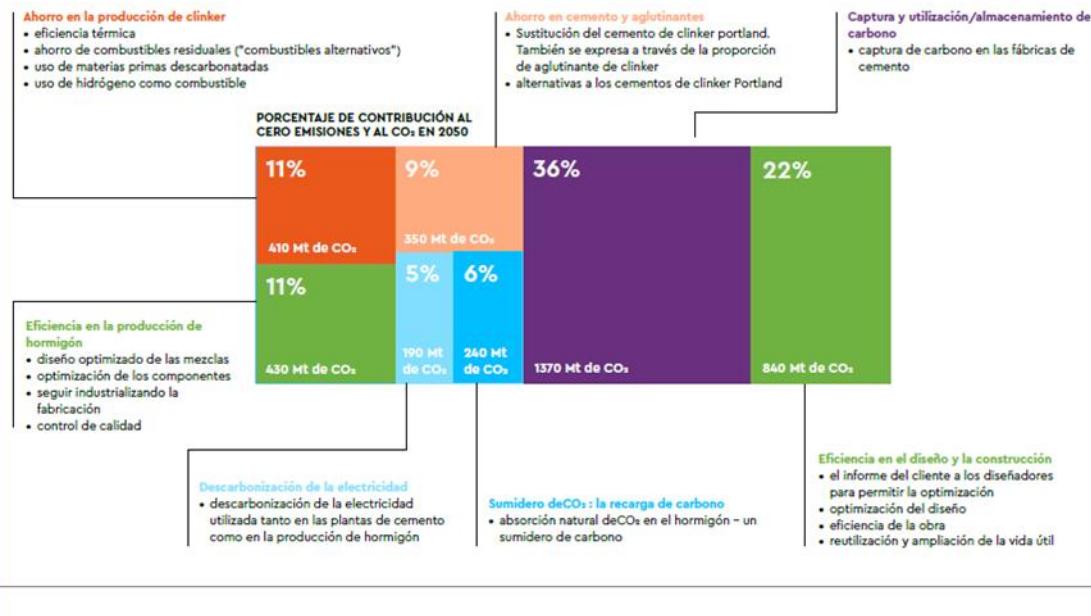
**Cemento → 20%** Reducción de CO<sub>2</sub> por tonelada de cemento para 2030

possible, o almacenarlo. Una vez establecida la capacidad y el argumento comercial para 2030, y con el desarrollo de la infraestructura en marcha, se podrá iniciar el despliegue del CCUS a escala para garantizar el logro de cero emisiones para 2050.

El despliegue de la tecnología de captura de carbono a gran escala durante la fabricación de cemento podría eliminar por completo sus emisiones de proceso. Esto, junto con la biomasa y la recarbonatación, podría dar lugar a la entrega futura de concreto con carbono negativo.

Además, la inversión, la colaboración y el trabajo centrado en la innovación a través de los programas Innovandi también podrían desencadenar nuevas tecnologías en la misión de descarbonización. Por ejemplo, se prevé que el hidrógeno verde/límpio y la electrificación de los hornos desempeñen un papel a partir de 2040.

## ACCIONES PARA UN FUTURO SIN EMISIONES DE CARBONO



## Las emisiones de CO<sub>2</sub> y las medidas de reducción de las emisiones

**Ahorro en la producción de clínker.** Esto incluye la reducción de CO<sub>2</sub> mediante el uso de materias primas descarbonatadas, medidas de eficiencia energética, uso de materiales de desecho sostenibles («combustibles alternativos») para sustituir a los combustibles fósiles e innovaciones como el uso de hidrógeno y la electrificación de los hornos.

**Ahorro de cemento y aglutinantes.** En la planta de cemento o en la de concreto, se pueden añadir cenizas volantes, GGBS, piedra caliza molida y otros materiales para obtener concreto con menos emisiones de CO<sub>2</sub>, pero con el rendimiento requerido y en algunas aplicaciones, se mejora su rendimiento. Esta medida también se denomina sustitución de clínker, la que se describe por la proporción de aglutinante de clínker.

**Eficiencia en la producción de concreto.** En cuanto a la producción de concreto, la industrialización es la medida específica clave. El paso de la dosificación de concreto en pequeñas obras con cemento en sacos a los procesos industrializados, ofrece un importante ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> debido al cumplimiento de las especificaciones de la mezcla y el control de calidad. En algunas economías emergentes, como la India, la gran mayoría de la producción de concreto se realiza

actualmente en las obras. Ya en otros países, se observa la transición a la producción industrializada.

**La captura y utilización/almacenamiento de carbono** es una nueva medida, y se prevé que su contribución solo será significativa después de 2030, cuando se haya establecido la viabilidad comercial y la infraestructura necesaria. Una vez capturado, el CO<sub>2</sub> se utilizará en la industria del cemento y el concreto, en otras industrias, o bien, se almacenará.

**La descarbonización de la electricidad** en todo el mundo en las próximas décadas hará que las emisiones procedentes de la generación de electricidad utilizada en la producción de cemento y concreto se reduzcan a cero.

**Recarbonatación** es un proceso natural de absorción de CO<sub>2</sub> por parte del concreto. Los ingenieros lo entienden bien y se ha incorporado a las normas de ingeniería durante décadas. Solo recientemente se ha tenido en cuenta en la contabilidad del carbono, la más reciente el 6º Informe de Evaluación del IPCC publicado en agosto de 2021.

**La eficiencia en el diseño y la construcción** puede lograrse aplicando muchas medidas específicas. Estas medidas pueden aplicarse con las normas y reglamentos actuales.



# 1.5

## Papers ECRA 2017

En el año 2017, CSI decidió iniciar un proyecto junto con la ECRA para actualizar la perspectiva de las tecnologías disponibles para la reducción del CO<sub>2</sub> y la eficiencia energética en el sector del cemento. Esta decisión fue tomada a la luz de la discusión y ratificación del Acuerdo de París de la CMNUCC. Además, esta actualización se realizó con el propósito de incorporar información sobre materiales alternativos y uso de combustible en la industria del cemento, y para formar una nueva base para el proyecto de modelado de *Perspectiva de Tecnología Energética* (ETP) de la IEA.<sup>8</sup>

Las estimaciones sobre el potencial de reducción se realizaron teniendo en cuenta una planta de referencia (2 millones de toneladas de clínker anuales o 6.000 toneladas de clínker por día de capacidad), la cual se basa en los datos técnicos de más de 900 plantas de cemento obtenidos del Protocolo GNR de CSI del año 2014. Para los datos de costos, se tomó como referencia los precios de Europa central.

Los supuestos clave para la planta de referencia son los siguientes:

- Tipo de horno: predominantemente caracterizado como proceso seco.
- 70% del proceso en seco con precalentador y precalcinador.
- 14% del proceso en seco con precalentador sin precalcinador.
- 16% de hornos mixtos.

La última publicación de los *Papers Tecnológicos* comprende 52 *papers*, de los cuales 32 son una actualización de los existentes y los otros 20 corresponden a la incorporación de nuevas tecnologías.

Estos documentos representan una visión global de los principales ejes en la reducción de CO<sub>2</sub> en la producción de cemento, además de sus oportunidades y barreras para su implementación.

Los ejes de reducción identificados son:

- 1** Eficiencia térmica
- 2** Eficiencia eléctrica
- 3** Uso de materias primas alternativas y combustibles alternativos (biomasas, combustibles a partir de residuos, entre otros)
- 4** Reducción del contenido de clínker en el cemento
- 5** Nuevos cementos
- 6** Captura y almacenamiento de carbono
- 7** Captura y uso del carbono

<sup>8</sup> Academia Europea para Investigación del Cemento, ECRA, *Papers Tecnológicos*, 2017.

## Papers ECRA: Tecnologías para la reducción de CO<sub>2</sub>

Los 52 documentos conocidos como *Papers Tecnológicos* son aplicaciones específicas para la reducción de CO<sub>2</sub>, incluyendo tecnologías en uso e innovaciones desafiantes para su aplicación futura en la producción de cemento.

### Eficiencia Energética: *Papers 1 al 11*

1. Mejora en la capacidad de cocción de la mezcla de materias primas.
2. Cambio de hornos largos a hornos con precalentador/precalcinador.
3. Modificación del precalentador (por ej. ciclones con menor pérdida de presión).
4. Etapas de ciclones con precalentadores adicionales.
5. Aumento de la capacidad del horno.
6. Reemplazo de quemador mono canal a quemador moderno multicanal.
7. Tecnología de enriquecimiento de oxígeno.
8. Enfriador de clíker de tecnología eficiente.
9. Recuperación de calor residual: Vapor (WHR, por sus siglas en inglés).
10. Recuperación de calor residual: Ciclo Orgánico de Rankine (ORC, por sus siglas en inglés).
11. Recuperación de calor residual: Ciclo Kalina.

### Combustibles Alternativos: *Papers 12 al 17*

12. Materias primas alternativas descarbonatadas para la producción de clíker.
13. Cambio de combustible: carbón/pet-coke por petróleo/gas/biomasa pura.
14. Combustibles alternativos (incluye biomasa), reemplazando combustibles fósiles convencionales.
15. Pretratamiento de combustibles alternativos (molienda y secado).
16. Gasificación o pre-combustión de combustibles alternativos.
17. Carbonización hidrotérmica (HTC) y Torrefacción.

### Eficiencia Eléctrica: *Papers 18 al 30*

18. Optimización en el control y automatización de plantas.
19. Variadores de velocidad.
20. Eficiencia del sistema auxiliar de aire.
21. Gestión de energía.
22. Operación de planta de cemento optimizada con energía renovable.
23. Molienda de cemento con molinos de rodillos verticales y prensas de rodillos.
24. Separadores de alta eficiencia.
25. Optimización de los parámetros de funcionamiento de los molinos de bolas.
26. Molienda separada de los componentes de la materia prima.
27. Tecnología avanzada de molienda.
28. Molienda y mezcla separados por finura.
29. Aumentar el rendimiento del cemento por optimización de la distribución del tamaño de partícula.
30. Uso optimizado de los aditivos para molienda.

#### Reducción del contenido de clínker en el cemento: *Papers 31 al 37*

31. Reducción adicional del contenido de clínker en cemento mediante uso de escorias granuladas de alto horno.
32. Cementos y concreto de alto desempeño que reducen el CO<sub>2</sub>.
33. Impacto del factor de saturación de cal muy alto/ muy bajo.
34. Reducción adicional del contenido de clínker en el cemento mediante el uso de ceniza volante.
35. Reducción adicional del contenido de clínker en el cemento mediante el uso de puzolanas naturales.
36. Reducción adicional del contenido de clínker en el cemento mediante el uso de arcillas calcinadas.
37. Reducción adicional del contenido de clínker en el cemento mediante el uso de otros materiales.

#### Nuevos Cementos: *Papers 38 al 42*

38. Cementos activados alcalinamente.
39. Cementos basados en la carbonatación de silicatos cálcicos.
40. Otros clínker de bajo carbonato: silicatos de calcio prehidratados.
41. Otros cementos con bajo contenido de carbonato - Cementos Belita.
42. Otros cementos con bajo contenido de carbonato (belita).

#### Captura de carbono, almacenaje y uso: *Papers 43 al 52*

43. Tecnología de oxicombustible.
44. Captura postcombustión usando tecnologías de absorción.
45. Captura post - combustión usando procesos de membrana.
46. Captura post - combustión usando *solid sorbents: Mineral carbonation*.
47. Captura postcombustión utilizando sorbentes sólidos: Carbonatación mineral.
48. Uso de CO<sub>2</sub>: Productos químicos básicos, urea, ácido fórmico, polímeros.
49. Uso de CO<sub>2</sub>: Energía a gas (Metano: CH<sub>4</sub>).
50. Uso de CO<sub>2</sub>: Energía a líquidos (Metanol: CH<sub>3</sub>OH).
51. Uso de CO<sub>2</sub>: Recuperación mejorada de petróleo.
52. Uso de CO<sub>2</sub>: Captura en algas y producción de combustible, biocombustibles



FICEM publicó un artículo de Tecnología e Innovación para la Reducción de CO<sub>2</sub> en la Industria del Cemento basado en los Papers ECRA 2017. En este artículo se realizan las adecuaciones a la realidad de Latinoamérica a fin de su implementación. Además, se incorpora un módulo para una lectura íntegra de los distintos aportes de estas tecnologías bajas en carbono.

*La industria del cemento de Ecuador se siente parte del compromiso mundial global para enfrentar los efectos del cambio climático, y, por tanto, considera absolutamente necesario haber tomado la experiencia internacional y global para que su Hoja de Ruta pueda ser coherente y complementaria a los esfuerzos, tanto de la comunidad como de las organizaciones internacionales, a fin de lograr las metas propuestas en la COP 21, metas que comprometen a toda la humanidad.*

2

Medición  
Reporte y  
Verificación

El término MRV (Medición, Reporte y Verificación) se utiliza para describir todas las medidas que los países adoptan para recoger datos sobre las emisiones, las acciones de mitigación y de apoyo. Esta información se consolida en informes e inventarios, los que son sometidos a revisión o análisis internacional por entidades acreditadoras o certificadoras y agencias gubernamentales.

Un MRV, al generar información comparable y transparente, ayuda a los países, organizaciones, empresas y partes interesadas a entender las fuentes y las tendencias de emisiones, facilita el intercambio de

esta información y de las buenas prácticas, y entrega y mejora el sustento para tomar otras medidas de política ambiental, tales como exenciones tributarias, apoyo financiero, normas de emisión, legislación de Responsabilidad Extendida del Productor en residuos, impuestos verdes, entre otras.

A continuación, veremos la historia y desarrollo de los MRV desde la COP 21, sus requisitos, condiciones y alcances; y describiremos el denominado sMRV FICEM y cómo este sistema ha considerado los criterios internacionales en su diseño e implementación.

## 2.1

# Sistemas de medición, reporte y verificación

### 2.1.1

#### Acuerdo de París y MRV

---

Como ya se mencionó en el capítulo anterior, el Acuerdo de París es legalmente vinculante para los países que lo han ratificado y tiene como objetivo el que los países se comprometan a mantener la temperatura media mundial, al año 2050, por debajo de los 2°C respecto a los niveles preindustriales. Para ello, se deberá reducir drásticamente las emisiones de GEI proyectadas.

Las acciones emprendidas por los distintos países en favor de este objetivo se ven reflejadas en los instrumentos internacionales denominados NDC, los que entraron en vigor en el año 2020 y serán revisados cada 5 años mediante un mecanismo de seguimiento al cumplimiento. Respecto a este último, el Acuerdo de París dio un importante paso adelante al definir la necesidad de contar con un sistema universal de transparencia para la Medición, Reporte y Verificación.

El término MRV se utiliza para describir todas las medidas que los países adoptan para recoger datos sobre sus emisiones, acciones de mitigación y de apoyo, y para reunirlas en los informes e inventarios; para luego ser sometidos a algún tipo de revisión o análisis internacional. El MRV puede ayudar a los países a entender las fuentes y tendencias de emisiones, diseñar estrategias de mitigación, mejorar la credibilidad y tomar otras medidas de política.

La práctica de MRV integra tres procesos independientes, pero interrelacionados:

**Medición (M):** medición de datos e información sobre emisiones, acciones de mitigación y apoyo. Esto puede implicar la medición física directa de emisiones de GEI, la estimación de emisiones – o reducción de emisiones – utilizando datos de actividad y factores de emisión; el cálculo de cambios relevantes para el desarrollo sostenible; y la recopilación de información sobre el apoyo necesario para la mitigación del cambio climático.

**Reporte (R):** se reúne la información producida en el proceso anterior en inventarios y otros formatos estandarizados, para hacerla accesible a una gama de usuarios y facilitar la divulgación pública de la información.

**Verificación (V):** la información reportada se somete periódicamente a alguna forma de revisión, análisis o evaluación por parte de una entidad independiente para establecer su integridad y confiabilidad.

A la fecha no existe un sistema único de MRV derivado del Acuerdo de Paris, y se cuenta sólo con criterios básicos y referencias para su elaboración por parte de los gobiernos, sectores económicos y otros grupos de interés.

## 2.1.2

### MRV 101

### Comprension de la Medición, Reporte y Verificación para la Mitigacion del Cambio Climático

En agosto del año 2016, el World Resources Institute (WRI) publicó un documento denominado "MRV 101: Understanding Measurement, Reporting, and

*Verification of Climate Change Mitigation"*<sup>9</sup>, documento que examina el concepto MRV e identifica tres tipos de MRV relacionados con la mitigación, los cuales son:

Figura 11.Varios tipos de MRV relacionados con la mitigación: emisiones, acciones de mitigación y apoyo

Fuente. MRV 101: UNDERSTANDING MEASUREMENT, REPORTING, AND VERIFICATION OF CLIMATE CHANGE MITIGATION, Abril 2016



<sup>9</sup> World Resources Institute, WRI, MRV 101: *Understanding Measurement, Reporting, and Verification of Climate Change Mitigation*, 2016

## MRV de emisiones de GEI

Implica la medición y el monitoreo de las emisiones de GEI asociadas con actividades de entidades, tales como países, organizaciones o instalaciones industriales, informando los datos recopilados en un inventario de GEI u otras formas, y realizando revisiones y verificaciones.

**A nivel nacional**, el MRV de las emisiones de GEI implica medir, reportar y verificar la cantidad total de emisiones de GEI de actividades humanas en un país.

Estos se informan en un inventario nacional de GEI categorizados en cuatro sectores económicos principales: 1) energía; 2) procesos industriales y uso de

productos; 3) agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra; 4) residuos.

**A nivel de organizaciones**, el MRV de las emisiones de GEI implica construir un inventario de emisiones totales y datos de todas las fuentes (incluidas las estacionarias y fuentes móviles, proceso y emisiones fugitivas) dentro de los límites de la organización.

Por último, **a nivel de instalaciones industriales**, el MRV de las emisiones de GEI implica evaluar el total de emisiones y absorciones de GEI de todas las fuentes dentro de una única instalación (por ejemplo, planta de energía, fábrica o sitio de eliminación de residuos).



## MRV de acciones de Mitigación

Se refiere a intervenciones y compromisos, incluidos objetivos, políticas y proyectos, emprendidos por un gobierno u otra entidad, para reducir las emisiones de GEI. Los ejemplos incluyen planes climáticos nacionales, contribuciones determinadas a nivel nacional, políticas que establecen estándares de emisiones para vehículos,

sistemas regionales de comercio de emisiones y proyectos para mejorar la tierra degradada.

El MRV de las acciones de mitigación incluye estimar, informar y verificar sus efectos en términos de emisiones de GEI y desarrollo sostenible, y monitorear su implementación.



## MRV de soporte

Se refiere al financiamiento para la transferencia de tecnología y/o el desarrollo de capacidades. Incluye respaldo monetario, como por ejemplo: financiamiento para desarrollar un sistema nacional de comercio de emisiones transables, inversiones en tecnologías de bajas

emisiones y fondos para la organización de talleres de capacitación para auditores de energía. La definición de apoyo también incluye apoyo no monetario, como asesoramiento técnico para diseñar normas nacionales de eficiencia energética o esquemas de etiquetado.

## 2.1.3

### Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero

Las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI<sup>10</sup> son el resultado de la invitación realizada por la CMNUCC para actualizar las Directrices del IPCC de 1996 y la orientación de buenas prácticas asociadas (Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, y la Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura).

Las Directrices de 2006 tomaron como base el trabajo ya realizado y evolucionaron a partir de allí, gracias al aporte de más de 250 expertos de todo el mundo. Estas nuevas directrices incluyen nuevas fuentes y gases de efecto invernadero, así como el ajuste de los métodos publicados con anterioridad.

La actualización de las Directrices del IPCC de 2006 se ha estructurado de manera tal que cualquier país, independientemente de su experiencia o recursos, pueda producir estimaciones fiables de sus emisiones y absorciones de gases.

En particular, los valores por defecto de los diversos parámetros y factores de emisión necesarios son provistos para todos los sectores, de modo que un país debe suministrar únicamente los datos de la actividad nacional. El método también permite que los países que disponen de más información y recursos utilicen metodologías más detalladas y específicas, a la vez que

conserva la compatibilidad, comparabilidad y coherencia entre los diferentes países. Las directrices definen como buena práctica la elección de la metodología de cuantificación más apropiada según las circunstancias nacionales.

Estas metodologías se agrupan en 3 niveles:

**Nivel 1:** en este nivel, la estimación de emisiones para cada categoría de fuente y combustible requiere datos sobre la cantidad de combustible quemado en la categoría de fuente y un factor de emisión por defecto. Este último proviene de los valores por defecto proporcionados por la IPCC.

**Nivel 2:** la aplicación de este nivel requiere datos sobre la cantidad de combustible quemado en la categoría de fuente y un factor de emisión específico por país para la categoría de fuente y el combustible para cada gas. En este nivel se reemplazan los factores de emisión por defecto por factores de emisión específicos nacionales.

**Nivel 3:** este nivel considera que las emisiones dependen del tipo de combustible utilizado, la tecnología de combustión, las condiciones de operación, la tecnología de control, la calidad del mantenimiento y el tiempo de uso del equipo utilizado para quemar el combustible. Es decir, en este nivel se toma en cuenta la dependencia de las variables y parámetros tecnológicos.

<sup>10</sup> Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC, Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero del 2006, 2006

## 2.1.4

### Protocolo GHGP

El “Protocolo de Gases de Efecto Invernadero” <sup>11</sup> es el protocolo internacional más usado para los MRV, debido a que fue la primera iniciativa orientada a la contabilización de emisiones para entender, cuantificar y gestionar las emisiones de GEI.

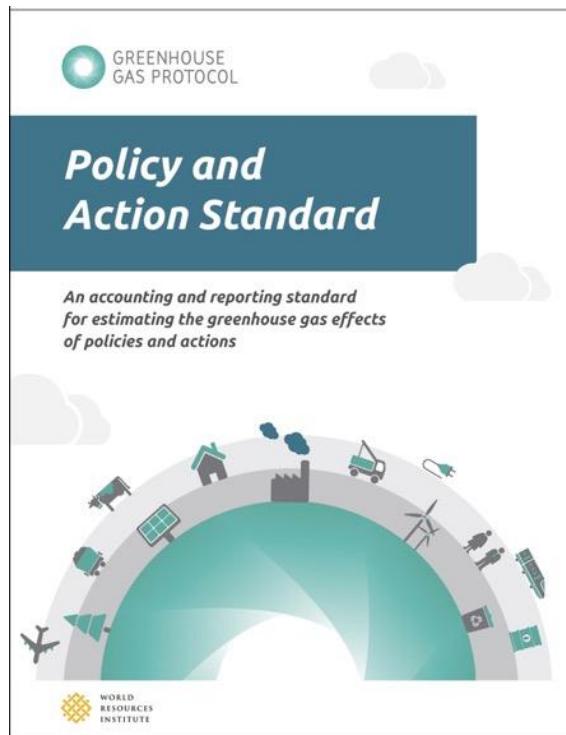
El GHG Protocol ha sido desarrollado entre el WRI y el WBCSD, junto con empresas, gobiernos y grupos ambientalistas de todo el mundo, con el fin de construir una nueva generación de programas efectivos y creíbles para abordar el cambio climático.

Estas herramientas permiten:

- Preparar inventarios de GEI, reduciendo los costos que significa dicho proceso. Ofrece

información para planear estrategias de gestión y reducción de emisiones de GEI, así como también para facilitar la transparencia en el sistema de contabilización.

- Medir las emisiones de GEI directas e indirectas. Las emisiones indirectas se refieren a aquéllas por las que una empresa se responsabiliza a pesar que provienen de una fuente no localizada en el interior de sus establecimientos, tales como las emisiones relativas a los bienes adquiridos y los servicios, el transporte y la distribución, y uso de los productos vendidos.
- Utiliza una visión intersectorial.



<sup>11</sup> World Business Council for Sustainable Development, WBCSD / World Resources Institute, WRI, Protocolo de Gases Efecto Invernadero, 2001

## 2.2

# MRV industria del cemento

### 2.2.1

#### Emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la producción de cemento (Alcances 1, 2 y 3)

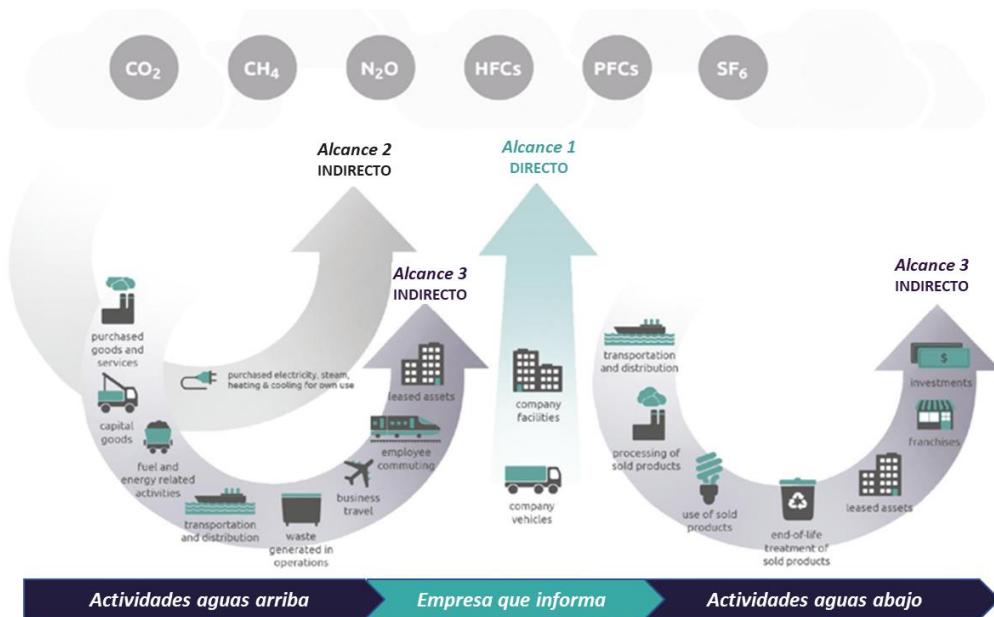
Conocer las emisiones totales de GEI en la industria del cemento se relaciona, casi exclusivamente, a sus emisiones de CO<sub>2</sub>. Debido a esto, los protocolos asociados se focalizan en este tipo de emisiones, por lo que los términos CO<sub>2</sub> o CO<sub>2</sub>eq pueden ser usados indistintamente.

Para medir el CO<sub>2</sub> asociado al cemento se han determinado tres alcances: Alcance 1 (emisiones directas de la producción de cemento y de las actividades mineras

bajo el control de la cementera), Alcance 2 (consumo de energía eléctrica), y Alcance 3 (emisiones indirectas *upstream* y *downstream*, como son, por ejemplo: las actividades mineras de terceros, el clínker suministrado por terceros, transportes en la cadena de valor, distribución del producto, uso del producto, entre otras).

En la Figura 12 se muestra una descripción general de los alcances y emisiones de GEI en toda la cadena de valor.

Figura 12. Alcances para la estimación de las emisiones  
Fuente. WBCSD



## 2.2.2

# Alcances 1 y 2 del sector cemento: Protocolo de energía y CO<sub>2</sub> para la producción de cemento

El actual *Protocolo de Energía y CO<sub>2</sub>*<sup>12</sup> para la producción de cemento es una metodología para calcular y reportar emisiones de CO<sub>2</sub> propuesta el año 2001 por CSI y actualizado el año 2011 bajo su versión 3.0. Este protocolo incluye las necesidades específicas de la industria del cemento, lo que le permite ser la guía más importante para la medición y reporte de CO<sub>2</sub> en el sector cementero. Además, se alineó estrechamente con el *Protocolo GHG* desarrollado por el WBCSD y WRI.

### Respecto a la medición y al reporte, el Protocolo CSI de Cemento de CO<sub>2</sub>:

Es una herramienta flexible que satisface necesidades, tales como: administración interna del desempeño ambiental, reportes ambientales corporativos y públicos, reportes bajo esquemas de impuestos CO<sub>2</sub>, reportes bajo esquemas de cumplimiento de CO<sub>2</sub> (acuerdos voluntarios o negociados, comercio de emisiones), benchmarking de la industria y análisis del ciclo de vida del producto.

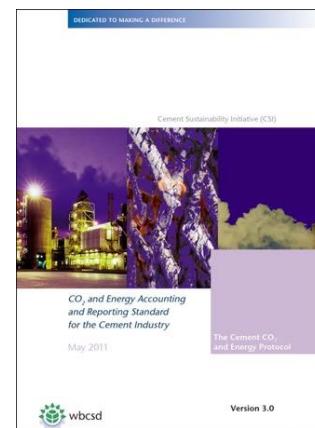
Los métodos de cálculo utilizados en este protocolo son compatibles con las directrices del IPCC - 2006 y con el protocolo de WRI/WBCSD. Esto permite a las empresas cementeras informar sus emisiones de CO<sub>2</sub> a los gobiernos nacionales de acuerdo con los requisitos del IPCC.

Incluye todas las emisiones asociadas al Alcance 1 y Alcance 2 y consta de tres documentos: un documento de orientación (Guidance Document), una hoja de cálculo de Excel (Excel Spreadsheet) para ayudar a las compañías de cemento a preparar sus inventarios de CO<sub>2</sub>, y un Manual de Internet, que suministra una guía paso a paso

para el cumplimiento del Protocolo. Este manual puede encontrarse en la página web [www.cement-co2-protocol.org](http://www.cement-co2-protocol.org).

### Respecto a la verificación, el Protocolo CSI de Cemento de CO<sub>2</sub>:

Este proceso, inicialmente llevado a cabo por CSI y en la actualidad gestionado por GCCA, trabaja en alianza con PwC de Francia en la consolidación, procesamiento de datos y emisión de reportes de las empresas cementeras que contribuyen con información a la base de datos GNR. Las empresas cementeras reportan información relativa a indicadores de emisión de CO<sub>2</sub> y eficiencia energética. Además, existe un protocolo para la verificación externa de la información de la planta, que es realizada por entidades evaluadoras externas debidamente calificadas.



<sup>12</sup> World Business Council for Sustainable Development, WBCSD, CO<sub>2</sub> and Energy Accounting and Reporting Standard for the Cement Industry, 2011

## 2.2.3

### Alcance 3 del sector cemento: Guía de contabilidad e informes de GEI

La *Guía de Contabilidad e Informes de GEI* del Alcance 3 para la producción de cemento es un complemento del *Protocolo de Energía y CO<sub>2</sub> para la producción de cemento* (Alcance 1 y 2). Fue elaborada por CSI, en colaboración con el WBCSD, distintas empresas cementeras líderes, y organizaciones gremiales internacionales.

Las principales organizaciones que participaron en el proceso de elaboración y consulta de la Guía son:

- The European Cement Association (CEMBUREAU).
- Japan Cement Association (JCA).
- Federación Interamericana del Cemento (FICEM).
- Carbon Disclosure Project (CDP).
- World Resources Institute (WRI) - Equipo GHG.
- The Portland Cement Association (PCA).
- German Cement Association (VDZ).

Esta Guía se basa en la *Norma de Contabilidad y Notificación de la Cadena de Valor Corporativa de Gas de Efecto Invernadero WBCSD - WRI* (Alcance 3) (septiembre de 2011). Además, contempla las principales emisiones de GEI (con CO<sub>2</sub> y sin CO<sub>2</sub>) de actividades *upstream* (aguas arriba) y *downstream* (aguas abajo) relacionadas con la producción de cemento. Permite comparar las emisiones de GEI de una compañía a lo largo del tiempo. Proporciona una metodología específica para el cálculo de las emisiones de Alcance 3, con el objetivo de informar estas emisiones para diversos fines. Las emisiones de Alcance 3 contemplan emisiones indirectas no cubiertas por el Alcance 2, por ejemplo, la extracción y producción de materiales y combustibles comprados, como clíker; actividades vinculadas al transporte que no son

propiedad de la empresa cementera, o controlados por ella; actividades relacionadas con la electricidad, por ejemplo, pérdidas de transmisión y distribución; actividades subcontratadas; eliminación de residuos; etc.

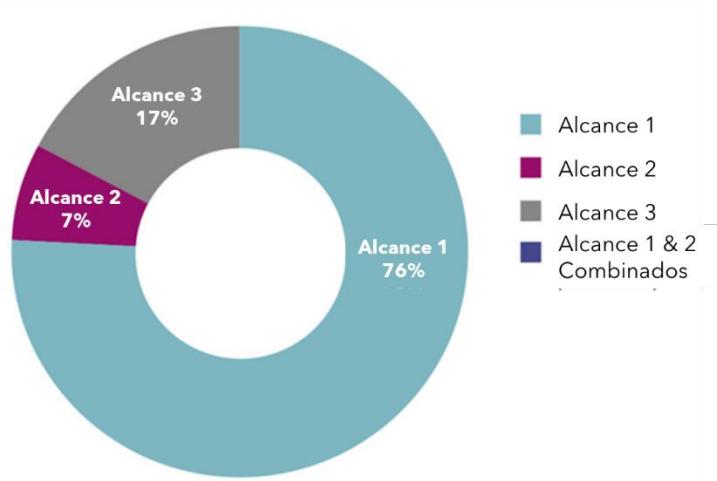
Además, la contabilidad de Alcance 3 permite a las compañías cementeras:

- Desarrollar una huella asociada a la cadena de valor, proporcionando una estimación precisa del impacto total de las actividades de una empresa.
- Evaluar los puntos críticos de emisión.
- Identificar los riesgos de recursos y energía.
- Identificar los proveedores líderes de sostenibilidad.
- Identificar las oportunidades asociadas a la reducción de costos y la eficiencia energética.
- Involucrar a los proveedores y ayudarlos a implementar iniciativas de sostenibilidad.
- Reducir las emisiones asociadas a viajes de negocios y desplazamientos.

Para el caso de la producción de cemento, el Alcance 1 es, sin duda, el más relevante con respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub>, pero conocer las emisiones de CO<sub>2</sub> del Alcance 3 es necesario para determinar el CO<sub>2</sub> global en el ciclo de vida del cemento. Por ejemplo, de acuerdo con estadísticas de la firma *Italcementi*, estas emisiones representan un 17 % del total de las emisiones que surgen de toda la cadena de valor (Figura 14), mientras que el Alcance 1 concentra la mayor cantidad de emisiones (76%), y el Alcance 2 representa tan solo el 7% restante de emisiones.

Figura 13. Emisiones en la producción de cemento según alcance (scope)

Fuente. Cement Sector Scope 3 GHG – Accounting and Reporting Guidance / WBCSD



En particular, la industria del cemento tiene sus principales emisiones en el Alcance 1, mientras que otros ciclos de vida concentran gran parte de sus emisiones en el Alcance 3. Por ello, la importancia dada por el WBCSD de implementar protocolos para determinar las emisiones en todos los Alcances.

Figura 14. Emisiones en diferentes industrias según alcance

Fuente. Cement Sector Scope 3 GHG – Accounting and Reporting Guidance/WBCSD



## 2.3

# sMRV FICEM

### 2.3.1

#### Origen y definición sMRV FICEM

---

De acuerdo con los requerimientos de la COP 21 de contar con MRV efectivos y confiables, FICEM asumió dicho desafío a través de la implementación de su sMRV FICEM, el cual cumple con las características del MRV de *Medición de GEI* (MRV 101), las *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI* y el *Protocolo de Medición de Gases efectos Invernadero*.

Sobre esta base, el sMRV FICEM es un sistema desarrollado por FICEM y de su exclusiva propiedad, como parte de las herramientas que contiene su Hoja de Ruta, que permite importar datos desde el *FORMATO CSI CEMENT CO<sub>2</sub> AND ENERGY PROTOCOL VERSIÓN 3.1*, consolidarlos en una base de datos relacional, incorporar datos de referencia, y entregar un resumen consolidado para su visualización y análisis mediante herramientas de visualización y descubrimiento de datos.

Los datos consolidados a nivel país y/o Macrozona comparan cada indicador con datos globales en las mismas unidades y con el mismo significado, lo cual permite tomar decisiones enfocadas en las medidas y acciones más eficientes desde el punto de vista técnico y ambiental.

FICEM, en concordancia con las directrices globales en la industria del cemento, determinó que las emisiones del sector cementero en los Alcances 1 y 2 representan cerca de un 83%, por lo que sMRV FICEM ha utilizado dicho criterio para la elaboración de la presente Hoja de Ruta de Ecuador.

Los principales procesos contenidos en la sMRV FICEM son los siguientes:

- Lectura de datos e Importación desde archivos CSI Protocol 3.1.
- Homologación de unidades y cálculo de indicadores desde datos importados.
- Agregación de indicadores de planta a niveles superiores; país, Macrozona y/o región.
- Vinculación de indicadores calculados con los datos de referencias internacionales (GNR, Banco Mundial, etc.).
- Generación de reportes ejecutivos por niveles de agregación y año de los indicadores clave de cada país y/o Macrozona.

## 2.3.2

### Protocolo sMRV FICEM

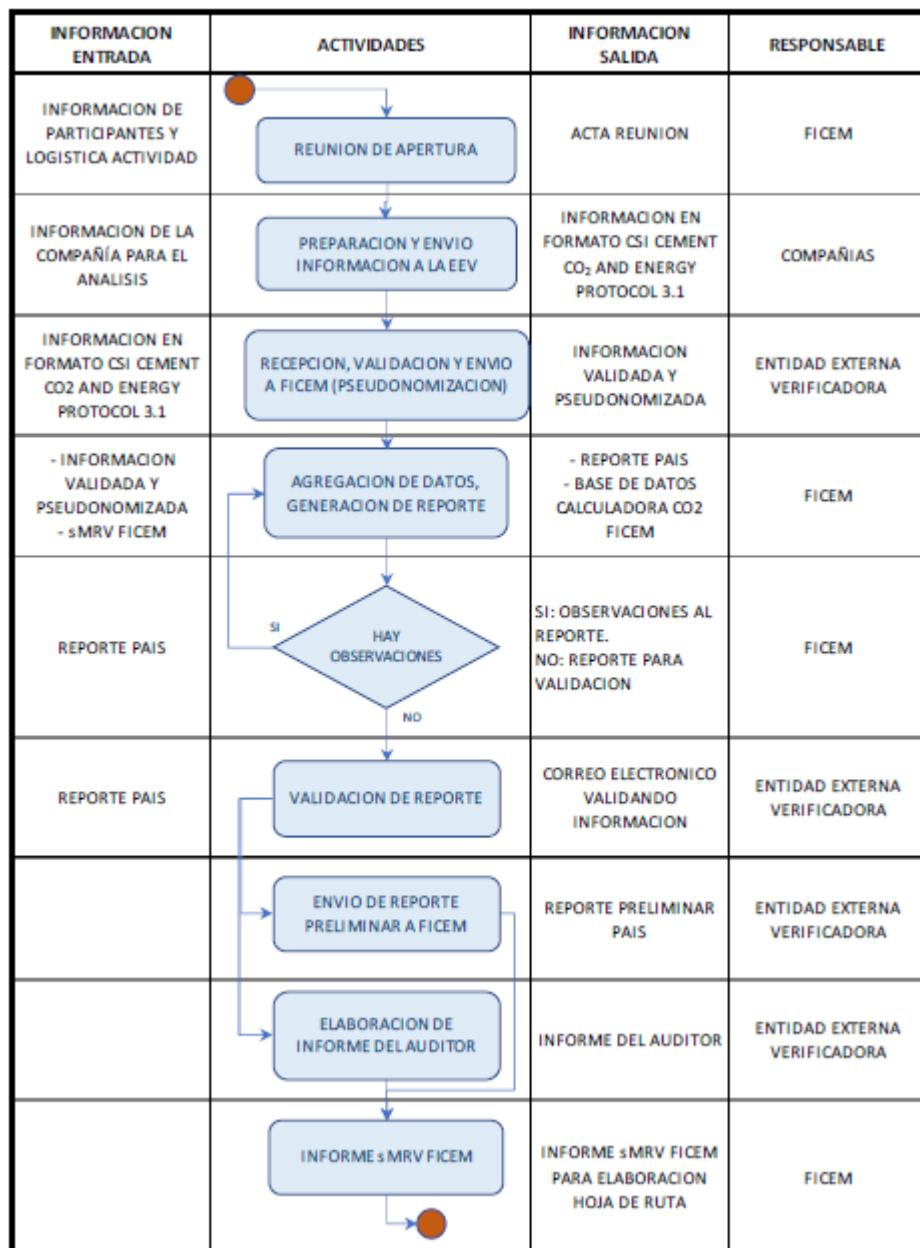
El *Protocolo de Procesamiento, Consolidación y Validación de Datos FICEM* (Protocolo FICEM) contiene el procedimiento que permite tomar datos relevantes, asociados a las medidas de mitigación de las emisiones de GEI de las distintas compañías, especialmente los contenidos en la *Planilla CSI Cement CO<sub>2</sub> and Energy Protocol Versión 3.1.* (en adelante *CSI protocol 3.1*) proporcionados por las compañías participantes del proceso, validarlos a través de una entidad externa, consolidarlos, adicionar datos de referencia, tales como hojas de ruta, estándar CSI, etc.; y entregar resúmenes consolidados para su visualización y análisis mediante informes y/o reportes. Todo lo anterior, conciliando los principios de transparencia y confidencialidad.

La Entidad Externa de validación es un tercero de reconocido prestigio que entrega los siguientes servicios: a) recepción y agregación de información enviada por las compañías; b) validación de información utilizada; y c) emisión del Informe que valida que la emisión de los Reportes por parte de FICEM han cumplido con todas las etapas del Protocolo.

A continuación, se describen las etapas y procedimientos del Protocolo:

- 0. REUNIÓN DE APERTURA:** Esta reunión tiene como fin, dar formalmente el inicio a las actividades del presente Protocolo, como fijar los alcances del proceso para las Compañías o País adherente y/o Macrozona, años que comprenderá la información, si se considerarán años no verificados, además de cualquier otro tema de carácter general que se considere necesario.
- 1. PREPARACIÓN Y ENVIO DE INFORMACION A LA ENTIDAD EXTERNA DE VERIFICACIÓN (EEV):** cada Compañía prepara los datos que desea analizar en el formato CSI protocol 3.1. y los remite a la EEV, vía correo electrónico que será determinado por la EEV para estos efectos, bajo los estándares de confidencialidad y seguridad necesarios para dichos fines.
- 2. RECEPCIÓN, VALIDACIÓN Y ENVIO DE INFORMACIÓN POR LA EEV A FICEM (SEUDONOMIZACION):** La EEV recibe la información indicada en el punto anterior, luego valida la presentación de dicha información, para luego entregárselos a FICEM. Además, seudonimiza aquellos datos o nombres propios que puedan permitir la identificación individual de una planta y Compañía.
- 3. AGREGACIÓN DE DATOS; GENERACIÓN DE REPORTES.** Los datos recibidos por FICEM desde la EEV son cargados en el sMRV FICEM y obteniéndose una base de datos con información agregada de acuerdo a lo establecido en el punto 4.0.
- 4. VALIDACION DE REPORTE.** La EEV recibe la información ponderada por parte de FICEM y valida que ella sea consistente con aquella que fue entregada a FICEM de acuerdo al punto 4.2
- 5. ENVIO DE REPORTE PRELIMINAR A FICEM.** La EEV envía de manera preliminar el reporte a FICEM, paralelamente a la redacción del informe por parte del auditor.
- 6. INFORME DEL AUDITOR.** La EEV procederá a emitir el Informe del Auditor donde declaran que se han cumplido con las etapas de este Protocolo y que los números basales que se han utilizado son aquellos que la EEV ha recibido de las distintas compañías. Este informe será remitido en forma exclusiva a FICEM. El alcance de la participación de la EEV abarca solo hasta este punto.
- 7. INFORMES sMRV FICEM.** Luego del punto anterior, FICEM pondrá a disposición del proceso de elaboración de Hoja de Ruta País y/o Macrozona, los informes que sean necesarios de acuerdo a los antecedentes generados por el presente Protocolo.

Figura 15. Flujo de las etapas y procedimientos del sMRV FICEM



3

# Hoja de Ruta

FICEM

La Federación Interamericana del Cemento - FICEM en su objetivo de potenciar el desarrollo sostenible de la región, ha impulsado y desarrollado el proyecto *Hoja de Ruta FICEM*<sup>13</sup>: “Hacia una economía baja en carbono”, que representa el compromiso de la industria cementera latinoamericana en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

15 representantes de la industria cementera de 23 países de Latinoamérica y el Caribe, se reunieron el 2 de febrero de 2017 en la ciudad de Miami, Estados Unidos, y con el

fin de ratificar su compromiso en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> hacia una economía baja en carbono, aprobaron dicha Hoja de Ruta FICEM, la cual se detalla en el presente capítulo.

Adicionalmente, en esta reunión, se aprobó el inicio del proceso de elaboración de las Hojas de Ruta por País, considerada la Fase II del proyecto latinoamericano de Hoja de Ruta FICEM, lo cual se ve reflejado en el presente documento.



<sup>13</sup> FICEM, Federación Interamericana del Cemento, Ricardo Pareja S., FICEM Hoja de Ruta CO<sub>2</sub>, 2017

## 3.1

# HR FICEM y sus objetivos

- Objetivo 1** Aportar a los objetivos mundiales para el desarrollo sostenible ODS y COP21, los objetivos globales de la Iniciativa para la Sostenibilidad del Cemento (CSI) y los objetivos regionales para enfrentar el cambio climático.
- Objetivo 2** Construir la línea base de emisiones de CO<sub>2</sub> en la industria regional, mediante la implementación de un sistema para la Medición, Reporte y Verificación FICEM (sMRV FICEM), usando la información reportada en el protocolo GNR.
- Objetivo 3** Determinar el potencial de reducción de CO<sub>2</sub> por país, basado en la eficiencia energética e innovación para la producción de clíker y cemento en Latinoamérica.
- Objetivo 4** Identificar las acciones para implementar el potencial de reducción de CO<sub>2</sub> en el ciclo de vida y posicionar al cemento como el material más resiliente para las necesidades de adaptación al cambio climático.
- Objetivo 5** Estandarizar y facilitar la elaboración de las Hojas de Ruta por País, para lograr cumplir los requerimientos de Mitigación y Adaptación de acuerdo con las oportunidades y necesidades locales.
- Objetivo 6** Posicionar a FICEM como referente de la industria para facilitar diálogos y negociaciones asociadas al cambio climático en nuestros países.

Es importante destacar que la Hoja de Ruta FICEM 2017 no se construyó en forma aislada. Por el contrario, con el propósito de trabajar de manera conjunta con la industria global del cemento, contó con el apoyo de CSI y está alineada con el plan estratégico del *Low Carbon Technology Partnerships*. Asimismo, en la creación de estos lineamientos para América Latina y El Caribe, se consideró las diferencias locales y regionales que dan cuenta de la heterogeneidad en los marcos regulatorios, gestión y manejo de residuos y una tradición estadística diversa en la recolección de datos, entre otros factores presentes en esta región.

## 3.2

# HR FICEM y sus herramientas

Las herramientas del proyecto Hoja de Ruta FICEM son un conjunto de aplicaciones, procedimientos, investigaciones y referencias que tienen por objeto apoyar a la industria del cemento latinoamericana en sus esfuerzos para mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub> y posicionar

al cemento y al concreto como los materiales de construcciones más resilientes para la adaptación al cambio climático. A continuación, se presenta el detalle de cada una de ellas.



### Herramienta 1 **GNR como sistema de medición, reporte y verificación**

GNR no sólo es útil para entender los potenciales de reducción de CO<sub>2</sub>eq en la industria y los desempeños comparados de los ejes de reducción ya descritos en el apartado GNR de este informe. En la actualidad, GNR se posiciona como un MRV de alto desempeño, para los requerimientos de las autoridades locales y sus compromisos suscritos en la COP21.

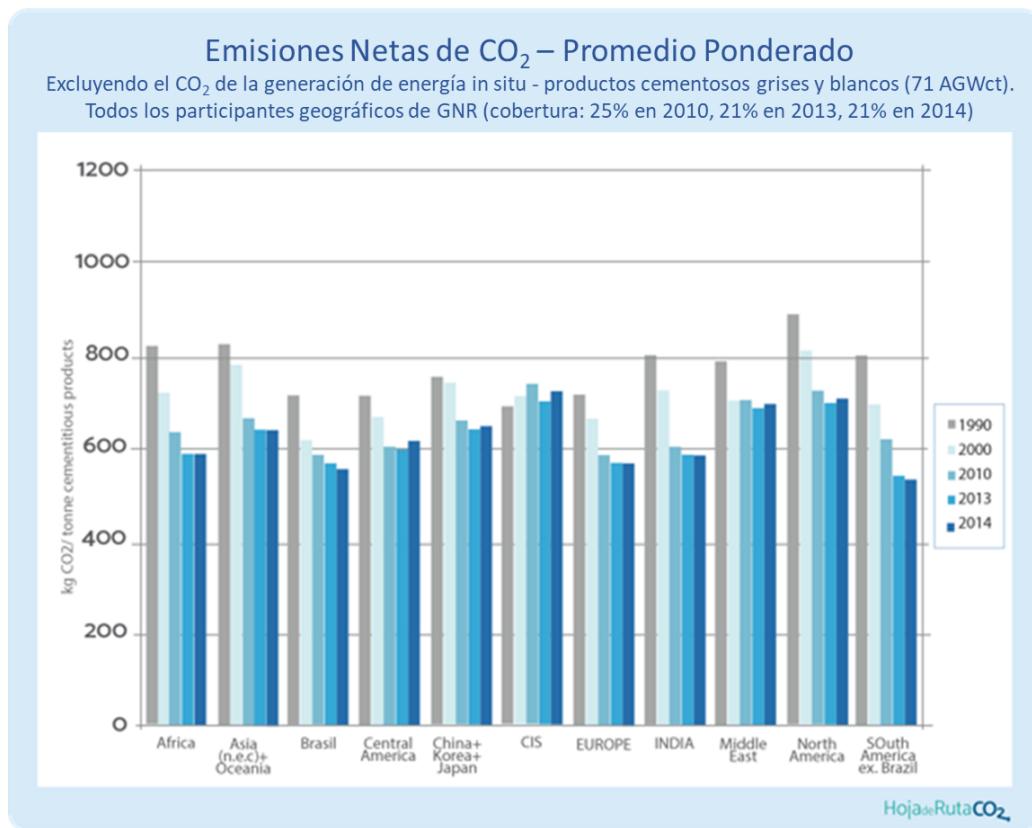
En la búsqueda por materializar esta oportunidad, en FICEM se ha generado una alianza con PwC Latam para desarrollar el protocolo que, mediante el uso de los datos existentes en GNR, genere antecedentes que los gobiernos puedan utilizar para estimar las emisiones correctas y, además, proyectar el real potencial de reducción.

Los beneficios de esta estrategia es potenciar GNR como un mecanismo público - privado al convertirse en el MRV oficial para los gobiernos, lo que asegura cuantificar correctamente las oportunidades de reducción. Además, evita asumir nuevos costos en las mediciones de CO<sub>2</sub>eq en hornos en los cuales, sólo como referencia, medirlo en forma continua en chimenea, necesita de una inversión que puede alcanzar valores superiores a 100.000 USD. Pero además, esta medición en chimenea no valoriza los esfuerzos de reducción al incorporar, por ejemplo, biomasa y combustibles alternativos a la matriz energética, como tampoco considera otras fuentes de emisión en las plantas de cemento, como son las provenientes del uso de combustibles fuera de horno.

En la siguiente figura se puede apreciar los indicadores con los que cuenta la región, siendo la que posee la más baja intensidad de emisión en el mundo. Por lo anterior, queda de manifiesto la importancia que éstos sean los números oficiales, dado que de solicitar nuevas

reducciones (sin considerar todos los elementos expuestos) estas nuevas exigencias serían muy difíciles de lograr, o implicarán un costo adicional que pondría en riesgo la competitividad de la industria regional.

Figura 16. Ponderado de emisiones netas de CO<sub>2</sub> por región  
Fuente. GNR 2014





## Herramienta 2

### Levantamiento de indicadores de desempeño técnico y de gestión

De acuerdo con los criterios del *Roadmap* de CSI y el aprendizaje de las Hojas de Ruta implementadas en otras regiones del mundo, hemos decidido contar con diez indicadores, los que aseguren mejorar nuestro desempeño en la reducción de CO<sub>2</sub>eq, así como también

mantener una gestión proactiva para cumplir nuestros objetivos. Estos son los indicadores que seguirá FICEM como proyecto regional y tendrán sus indicadores espejo en cada país que implemente su Hoja de Ruta Local.

- 1** Nivel de participación en GNR de la región.
- 2** Cantidad de toneladas de emisión de CO<sub>2</sub>eq por tonelada de material cementante.
- 3** Aporte de la industria a las emisiones locales y globales de la Industria.
- 4** Potencial de reducción de CO<sub>2</sub>eq de la Industria por país.
- 5** Porcentaje de uso de residuos como energía en el coprocesamiento.
- 6** Porcentaje de uso de residuos como materias primas alternativas.
- 7** Porcentaje del factor clínker/cemento.
- 8** Aporte a las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al transporte en la producción de cemento.
- 9** Publicación de 7 papers FICEM.
- 10** Número de Alianzas: PWC – EIA – CSI – The Nature Conservancy – Gobiernos.



## Herramienta 3 Calculadora FICEM y módulo potencial de reducción

### Definición

La Calculadora FICEM es un conjunto de herramientas informáticas, procedimientos y protocolos operacionales desarrollados por FICEM, que cumple los requisitos de un sistema MRV y agrega capacidades de sistema experto en la optimización multidimensional del proceso productivo

del cemento. Por ejemplo, se pueden diferenciar las emisiones de CO<sub>2</sub> por tipo de origen (figura 17) o visualizar los principales indicadores técnicos relacionados a las emisiones de CO<sub>2</sub> (figura 18 y 19)

Figura 17. CO<sub>2</sub> emitido por descarbonatación y energía  
Fuente. Modelación de uso MRV FICEM

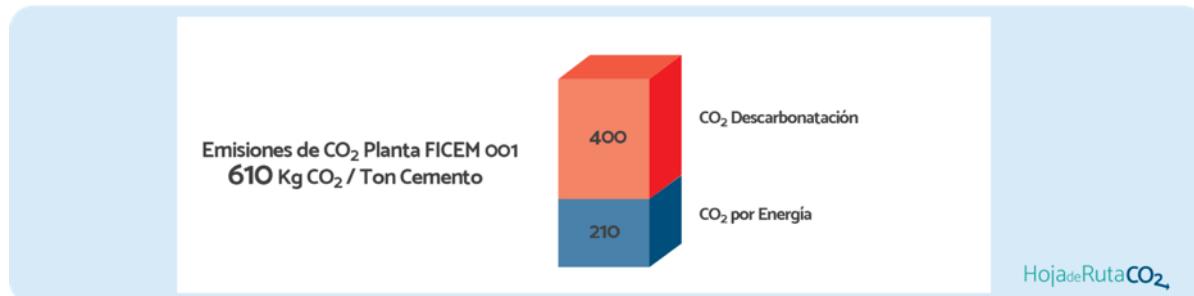


Figura 18. Factor Clínker/Cemento y coprocesamiento  
Fuente. Modelación de uso MRV FICEM

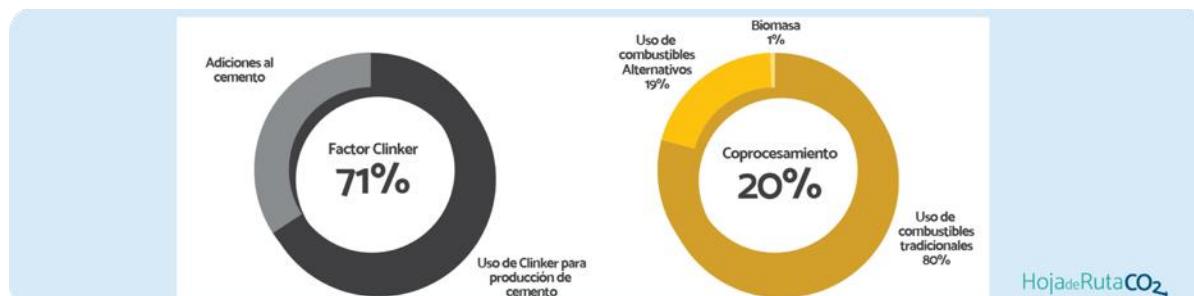
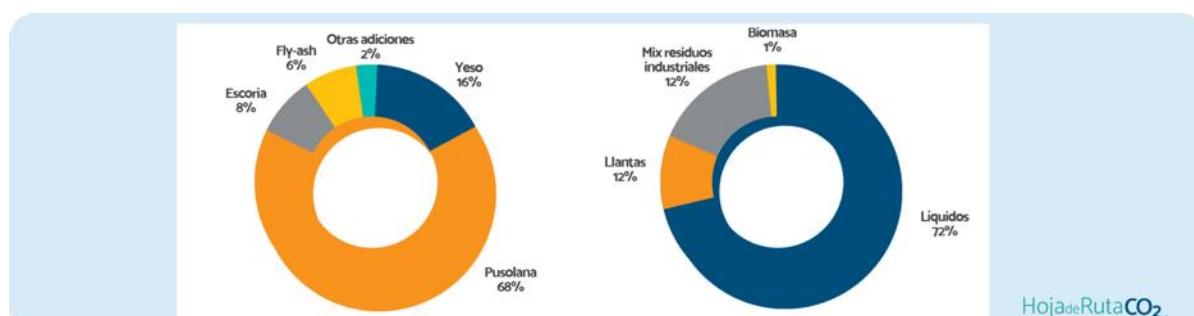


Figura 19. Participación relativa de materias primas y combustibles alternativos  
Fuente. Modelación de uso MRV FICEM



## Módulos de la Calculadora FICEM

El sistema está construido bajo la premisa que es posible optimizar los procesos productivos para lograr una producción baja en carbono sin afectar la rentabilidad del negocio. Para ello se cuenta actualmente con tres módulos principales:

**Módulo de Cálculo e Integración de Datos:** Este módulo permite: leer datos desde archivos Excel del protocolo 3.1 de CSI para una planta de cemento; consolidar (agregar) datos de distintas plantas para uno o más años a nivel de compañía, país, macrozona o región; y generar Reportes Ejecutivos y datasets para su visualización y análisis.

**Módulo de Benchmarking:** El *benchmarking* consiste en tomar "comparadores" o *benchmarks* de aquellos productos, servicios y procesos de trabajo que pertenezcan a organizaciones que evidencien las mejores prácticas sobre el área de interés, con el propósito de identificar las mejores prácticas y su aplicación. Para esto la calculadora integra la información de la planta/país con información proveniente de distintas fuentes, tanto de valores numéricos e indicadores, con información histórica y proyecciones.

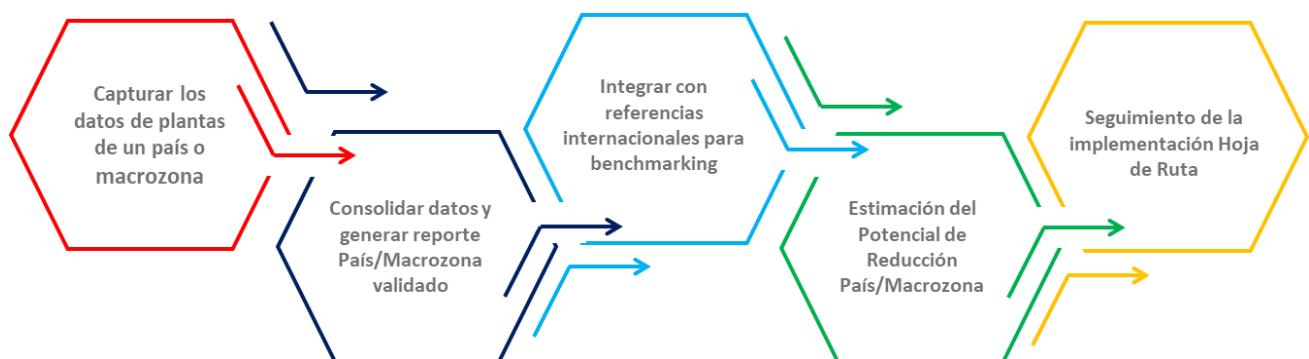
**Módulo de Potencial de Reducción:** Este módulo FICEM se ha basado en la última versión del documento ECRA "Development of State of the Art-Techniques in Cement

*Manufacturing: Trying to Look Ahead, Revision 2017*", desde donde se extrajo los indicadores para una planta de referencia. Dicho documento contiene, además, los resúmenes ejecutivos de una lista de 52 documentos técnicos (*Technology Papers*) que dan cuenta de las alternativas en distintos puntos del proceso de fabricación de cemento, que permiten reducciones en el consumo energético y la reducción asociada de emisiones de carbono directas e indirectas.

La Calculadora cuenta con un panel de control que permite ajustar la intensidad de aplicación para cada *Technology Paper*, para cada eje de reducción (Eficiencia Térmica, Eficiencia Eléctrica, Combustibles Alternativos y Reducción de Contenido de clínker), configurando un escenario de reducción, obteniendo inmediatamente las reducciones esperadas en emisiones directas e indirectas, consumo eléctrico y consumo térmico.

Finalmente, este módulo consolida las reducciones parciales de cada eje en una reducción total, pudiéndose comparar este resultado con políticas públicas, como pueden ser las NDC, el efecto de impuestos verdes o transferencia de emisiones.

Figura 20. Acciones dentro del proceso de Hoja de Ruta país donde interviene la calculadora





## Herramienta 4

### Investigación y desarrollo

Con el objetivo de facilitar y acelerar el conocimiento para el cumplimiento de los requerimientos de mitigación y adaptación, se ha definido que: eficiencia energética, coprocesamiento, factor clínker, captura de CO<sub>2</sub>eq, vivienda y pavimento sostenible, infraestructura resiliente y diferencias geográficas regionales, son algunas de las temáticas que FICEM deberá desarrollar a través de sus papers, para un uso público y privado.

Esta investigación tiene como referencia la última publicación de los Papers Tecnológicos de la ECRA 2017.

El objetivo de FICEM es generar información con calidad científica, que respalte el potencial de reducción de CO<sub>2</sub> en la industria actual, y que, además, demuestre a las partes interesadas el potencial de reducción de CO<sub>2</sub> en el uso del cemento en vivienda e infraestructura resiliente.

**Paper 1 Tecnología e Innovación de reducir CO<sub>2</sub> en la industria del cemento basado en los Papers ECRA 2017.** Se realizan las adecuaciones a la realidad de Latinoamérica para su implementación, además tendrá un módulo para una lectura íntegra de los distintos aportes de estas tecnologías bajas en carbono.

**Paper 2 Uso de residuos para el coprocesamiento.** Se determinarán las oportunidades y barreras para valorizar residuos como uso de energía alternativa en el cemento y, además, se sensibilizará sobre los impactos sociales que estos residuos tienen en el ambiente.

**Paper 3 Uso de residuos para el reemplazo de materias primas.** Este artículo avalará el alto potencial de reducción de este eje, y además, resulta ser una solución para residuos industriales, tales como: ceniza volante, escoria granulada de alto horno, entre otras. Se abordará también los marcos regulatorios que facilitan esta sinérgica solución.

**Paper 4 Vivienda Sostenible en concreto.** Dado que una de las principales fuentes de emisión de CO<sub>2</sub> es el uso de energía para el acondicionamiento térmico en viviendas y edificios, en este documento se demostrarán los atributos del cemento y concreto en la aislación e inercia térmica, los que generan relevantes ahorros de energía y reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas. También se incorporan los atributos para la adaptación al cambio climático que el cemento y concreto generan, como materia líder en resiliencia.

**Paper 5 Pavimentos Resilientes en Concreto.** En este documento se demuestran las reducciones de CO<sub>2</sub> de pavimentos en concreto vs. asfalto, debido al ahorro de combustibles en transporte, vida útil y menor efectos térmicos en ciudades.

**Paper 6 Transportes Sostenibles de Materias Primas y Productos.** Consolidación de mejores prácticas logísticas en el transporte de: calizas, puzolanas, residuos y cemento, cuyos ahorros en combustibles, generan una reducción asociada en emisiones de CO<sub>2</sub> por uso de combustibles.



## Herramienta 5 Centro de Información Virtual

Con el objetivo de contar con una fuente oficial donde se respalde toda la documentación utilizada para la elaboración de esta Hoja de Ruta, FICEM desarrolló el Centro de Información Virtual, una plataforma de información y de interacción, en la cual se encuentran, por ejemplo, las Hojas de Ruta de CSI, Europa, Egipto e India, como también información relacionada a la COP

21, IPCC, CEPAL, entre otras. Una vez validada la Hoja de Ruta FICEM y sus versiones locales, los documentos estarán disponibles en esta plataforma. Esta plataforma también contará con canales de comunicación para resolver requerimientos más complejos de información de los usuarios.

[www.hojaderutaficem.org](http://www.hojaderutaficem.org)

The screenshot shows the homepage of the FICEM Virtual Information Center. At the top, there is a navigation bar with links to Home, Roadmap, Climate Change Impact Assessment, Tools, Publications, Documents, and Contact. The main banner features a circular graphic with years 2009-2015, 2016-2017, and 2017-2025, along with a map of South America. A purple callout box contains the text: "Durante estos años la Hoja de Ruta Ficem plantea los desafíos que la industria debe alcanzar en conjunto con las realidades locales, a través de las Hojas de Ruta Ficem de cada País." Below the banner are three images: a person in traditional Andean clothing, a modern building interior, and a colorful bird perched on a branch. The website is displayed on a computer monitor with a grey base.

## 3.3

# Acuerdos y alianzas FICEM

Tal como lo plantea el objetivo 17 de los ODS (Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible), es necesario fortalecer y revitalizar la acción colaborativa entre los distintos actores, mediante la construcción de alianzas, trabajo asociativo y cooperación mutua.

Para el objetivo de contar con un MRV que logre ayudar a los países a entender las fuentes y tendencias de emisiones, diseñar estrategias de mitigación, mejorar la credibilidad y tomar otras medidas de política pública, FICEM ha generado una alianza estratégica con la empresa PwC para la transparencia en la verificación de la información; ha impulsado la asociatividad mediante los acuerdos con las compañías, institutos y otras asociaciones gremiales de cemento para la elaboración de Hojas de Rutas locales; acompaña a la Industria Local en sus diálogos con los gobiernos respectivos, siendo esto una cooperación real para la Industria, la comunidad y la gobiernos en los esfuerzos por llevar a cabo acciones climáticas consistentes.

Para este desafío ha sido necesario contar con instrumentos comunes para una región diversa, por lo que, durante la discusión de los documentos legales, se incluyeron las visiones de los distintos actores, incorporando elementos valiosos que permitieron enriquecer los Acuerdos y el Protocolo FICEM. Tener instrumentos comunes da cuenta de un trabajo regional mancomunado, demostrando que existen criterios y preocupaciones compartidas.

Tres son los documentos legales principales:

### Protocolo sMRV FICEM

El cual detallamos en el Capítulo II, y que es el procedimiento mediante el cual los países y compañías entregan sus números a través de una entidad externa de validación (PwC), para que sean procesados y consolidados a través del denominado sMRV FICEM y su

calculadora, lo cual permite, como ya se ha señalado, contar con información consolidada, ponderada y reportes robustos para la toma de decisiones. Además, este documento es anexo y obligatorio, tanto para el Acuerdo para la Elaboración de Hoja de Ruta, como para el Acuerdo FICEM PwC.

### Acuerdo para la Elaboración de HR

Es el celebrado entre FICEM y el país o compañía adherente. Este acuerdo fija todos los pasos para elaborar en forma colaborativa la Hoja de Ruta local, determinando las responsabilidades de las partes involucradas. Además, establece las reglas de confidencialidad que amparan y resguardan las informaciones de cada compañía. Del mismo modo, se establecen los límites de intercambio de información que sólo abarca aspectos medioambientales y técnicos.

El principal objetivo del Acuerdo es que FICEM, a través de los equipos que designe, prestará su apoyo en la elaboración de la Hoja de Ruta para el País Adherente. Este apoyo se expresa en dar soporte o prestar servicios complementarios al objetivo indicado, lo cual es cubierto por las acciones y actividades que se indican. La responsabilidad final en la elaboración de la Hoja de Ruta es del País Adherente.

El apoyo en la elaboración se hará en el marco de la denominada Hoja de Ruta FICEM aprobada en las Asambleas de Presidentes 2016 y 2017 de FICEM.

### Acuerdo FICEM - PWC

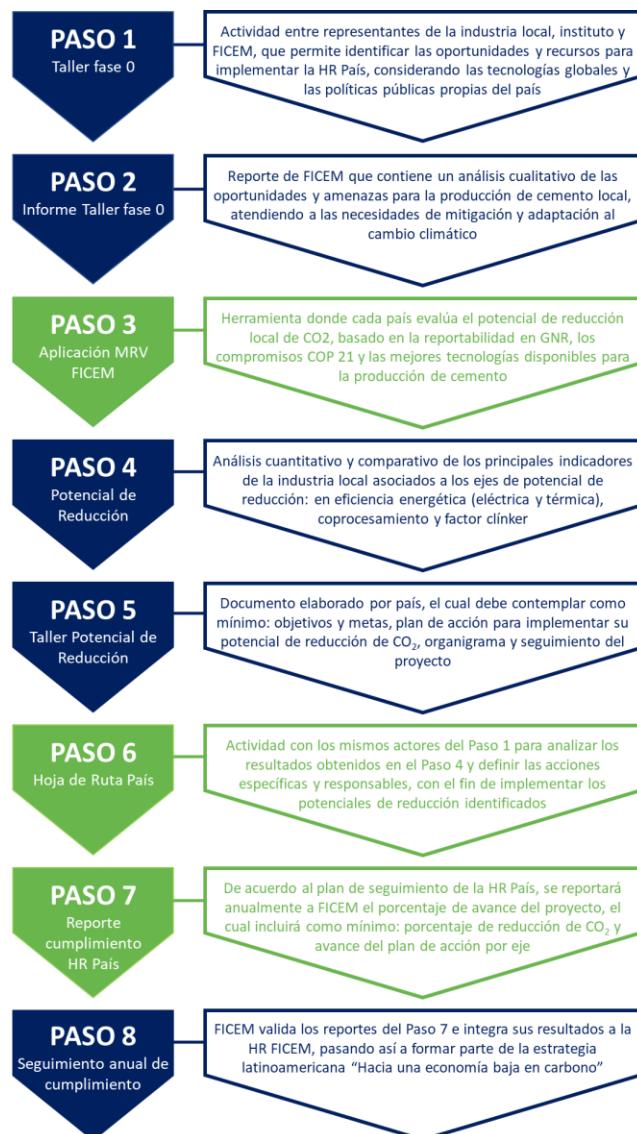
Celebrado el 24 de abril del año 2018, es una alianza que acuerda la verificación externa del Protocolo del sMRV FICEM, donde se fija el procedimiento, confidencialidad y reserva de la información. Esta alianza es de suma importancia para la transparencia de este proceso.

## 3.4

# Metodología y seguimiento de HR por país

Con el fin de facilitar el proceso de elaboración de las Hojas de Ruta por país y su seguimiento, FICEM ha definido un método que consta de 8 etapas “Pasos 1 al 8”. Los Pasos 1 al 6 corresponden a la implementación, y los Pasos 7 y 8 corresponden al seguimiento de cada Hoja

de Ruta. A continuación, se detalla cada paso. Aquellos pasos destacados con azul son de responsabilidad de FICEM y los destacados en color verde son de responsabilidad de la industria.



## PASO 1

### Realizar Taller Fase 0 por país

El Taller Fase 0 se lleva a cabo con la participación de los institutos, asociaciones e industrias del país, además de FICEM. La coordinación, agenda e invitaciones del taller se realiza por parte de los entes locales y FICEM es el responsable de liderar su implementación. La duración de esta actividad es de un día y medio. Además, este taller considera las políticas FICEM con respecto a actividades de la industria, siendo los temas tratados solo relacionados al proyecto hoja de ruta FICEM país. Participan en las actividades representantes de las áreas de medioambiente, operaciones y comunicaciones, como mínimo.

El objetivo de este taller es dar a conocer en detalle el proyecto de Hoja de Ruta FICEM, identificar los requerimientos locales en la materia como son: NDC, NAMA, MDL, entre otros. Además, se analiza la información disponible en lo que se refiere a la responsabilidad de GNR en el país, mediante el análisis de brecha entre las oportunidades y desafíos que la industria tiene con respecto a la mitigación y adaptación requerida por el país. En específico, se evalúa la oportunidad y alcance de implementar una Hoja de Ruta país, se definen los potenciales recursos, las metas y los objetivos de dicho proyecto. Esta información es evaluada por parte de la dirección local, con el fin de determinar si corresponde implementar la Hoja de Ruta, los plazos de implementación, los recursos requeridos y los entregables asociados.

## PASO 2

### Informe, evaluación Fase 0 FICEM/País

Este informe se elabora en conjunto con FICEM y la industria local. En él se plasman los antecedentes y conclusiones principales asociadas al Taller Fase 0. El contenido mínimo de este informe es el siguiente: reporte de indicadores relevantes para la toma de decisiones, estadísticas de reportabilidad GNR, indicadores de eficiencia energética, uso de residuos en la industria y factor clínker, indicadores de referencia asociados a otros proyectos de Hoja de Ruta, políticas públicas del país (ej.: metas de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>eq, requerimientos de adaptación y mitigación) e impuestos verdes. También se incluye un análisis de brecha cualitativo entre los indicadores locales y las referencias internacionales, dentro de los cuales se destacan:

- Producción de cemento local, kilogramos de CO<sub>2</sub>eq por tonelada de cemento producida.
- Aportes de la industria local a la producción mundial de cemento.
- Aportes de la industria local a las emisiones totales del país.
- Potencial cualitativo de uso de residuos y eficiencia energética.
- Publicaciones asociadas a mitigación y adaptación al cambio climático.
- Propuesta de pasos a seguir.
- Conclusiones y recomendaciones.

## PASO 3

### Aplicación de la sMRV FICEM por país

Posterior a la realización del Taller Fase 0, y previo a la realización del Taller de análisis del potencial de reducción de CO<sub>2</sub>eq por país, la industria local reúne la información relativa a reportes remitidos a GNR, en forma desagregada y/o consolidada, para incorporar estos datos a la calculadora. Con estos antecedentes se corre el modelo, con lo cual se analizan los potenciales de reducción por cada uno de los ejes establecidos por CSI, se comparan los niveles de desempeño con las distintas hojas de ruta existentes, y se determinan las principales oportunidades de reducción. Lo indicado es la base para construir las estrategias para implementar el potencial de reducción de CO<sub>2</sub>eq en la industria local. Además, la calculadora entrega información comparativa de las trayectorias de reducción definidas en las distintas estrategias de la industria del cemento, pudiendo visualizar así el desempeño actual del país y los desafíos futuros en la materia.

Dentro de los reportes que genera esta herramienta se puede considerar un reporte específico para las autoridades locales, el que puede llegar a cumplir los requisitos de un MRV. Además, esta calculadora cuenta con un módulo para aplicar los potenciales de reducción específicos de cada uno de los papers publicados por ECRA, con lo que se puede realizar, con respecto a los datos existentes, un análisis proyectado de las oportunidades, inversiones y costos para las reducciones posibles de CO<sub>2</sub>eq por planta y por país.

## PASO 4

### Informe de Potencial de reducción por país

Basado en el trabajo realizado entre la industria y FICEM, y en la aplicación de la calculadora FICEM en forma local, se elabora un informe del nivel de cumplimiento del país de las emisiones de la industria local vs CSI y las otras hojas de ruta existentes. Este informe cuenta con el reporte de emisiones específica asociada a uso de energía y descarbonatación de la caliza. Además, se realiza un análisis comparativo entre el potencial de reducción y las políticas públicas existentes.

## PASO 5

### Taller Potencial de reducción y Plan de Acción HR País

Al igual que el Taller Fase 0, este taller es coordinado por la industria local en conjunto con FICEM, y cumple con todas las políticas FICEM asociadas.

En este taller se revisan los resultados de haber implementado la calculadora FICEM en el país y se realizan los análisis por eje de los potenciales de reducción asociados. Esto significa evaluar las oportunidades de mejora en eficiencia energética, el uso de residuos como energía y materias primas, la reducción del factor clínker, y la captura y uso de CO<sub>2</sub>, a fin de determinar los reales potenciales de reducción. Además, se proyecta la implementación de las oportunidades identificadas, con el objetivo de generar las posibles trayectorias de reducción de la industria.

También se considera, en este taller, los potenciales de reducción asociados al uso del cemento, como las reducciones que genera el cemento en vivienda, carreteras e infraestructura, enmarcando estas medidas en las necesidades de mitigación y adaptación nacionales. Basado en las oportunidades de reducción, se elabora un Plan de Acción que considere superar las barreras para la implementación de las reducciones determinadas; es decir, definir las oportunidades tecnológicas, legislación, disponibilidad de recursos, entre otras, las que podrán materializar las mejoras asociadas. Además, este plan determina los responsables de recursos y plazos en los que se aborden las acciones y tareas identificadas durante el taller, las que son la base estructural de la Hoja de Ruta del país.

## PASO 6

### Hoja de Ruta por País

Con los resultados en los talleres ya realizados se deberá elaborar, en formato FICEM, el plan de acción denominado Hoja de Ruta FICEM - País, el que considera las acciones locales para reportabilidad en GNR, potencial de reducción y oportunidades de mejora, indicadores relevantes, desarrollo de investigación asociada y estrategia para contribuir a las acciones de adaptación y mitigación del país. La hoja de ruta local cuenta con un organigrama en el que se identifique claramente: el Comité Ejecutivo Hoja de Ruta, el Líder del proyecto Hoja de Ruta, el comité técnico, el líder técnico de Hoja de Ruta, y el Rol de FICEM en la Hoja de Ruta del país.

Comité ejecutivo Hoja de Ruta: lo integrarán directores de institutos y/o asociaciones y altos ejecutivos de la industria que participan en el proyecto. Su función es aprobar la Hoja de Ruta y sus distintas etapas de avance, además de asegurar los recursos necesarios para su implementación. Este comité debe, como mínimo, sesionar una vez al año y/o cuando existan cambios significativos del proyecto. Líder del proyecto hoja de ruta: de existir instituto y/o asociación, este rol recae, de preferencia, en la alta dirección del Instituto y/o asociación del país, dado sus propias competencias.

## PASO 7

### Reporte de Cumplimiento HR

Es un reporte periódico del cumplimiento, seguimiento y avances de los distintos objetivos y metas establecidos en el Planes de Acción de las Hojas de Rutas, siendo responsabilidad del país, con el apoyo de FICEM. Este documento tiene los siguientes contenidos mínimos: a) seguimiento del cumplimiento país de los 10 indicadores relevantes de la Hoja de Ruta FICEM; b) grado de avance del Plan de Acción y sus actualizaciones; C) antecedentes que respalden los cumplimientos y la definición de nuevos compromisos que hayan cambiado el Plan de Acción o hayan modificado las metas establecidas. La periodicidad del reporte es anual (mínimo) y será entregado en julio de cada año, con los avances a la fecha indicada, para luego ser consolidado por FICEM para ser presentado a la Asamblea de Presidentes.

## PASO 8

### Seguimiento anual de cumplimiento HR FICEM

FICEM valida los reportes de cumplimiento del paso 7 e integra sus resultados a la HR FICEM, pasando así a formar parte de la estrategia latinoamericana “hacia una economía baja en carbono”.

4

# Ecuador y el Cambio Climático

En el presente capítulo se revisan antecedentes generales de Ecuador, como su contexto, su especial vulnerabilidad al cambio climático, además de sus compromisos internacionales en estas materias. Todo esto, con el objetivo de conocer los antecedentes locales

que dan el contexto y marco para las distintas decisiones y acciones que son el contenido del esta HR y su Plan de Acción.



Imagen de aluvión en La Gasca, centro norte de Quito, que se atribuye a los efectos del Cambio Climático en el país. Foto:  
José Jacome/EFE)

# 4.1

## Contexto

Ecuador es un país que se extiende en la costa oeste de Sudamérica. Sus diversos paisajes abarcan la selva del Amazonas, las zonas altas andinas y las islas Galápagos de abundante fauna. En las laderas de los Andes, a una elevación de 2,850 m, se encuentra Quito, su capital. Limita al norte con Colombia, al sur y al este con Perú y al oeste con el océano Pacífico, el cual lo separa del archipiélago de Colón o islas Galápagos por aproximadamente mil kilómetros de la costa continental, entre la península de Santa Elena y la isla San Cristóbal. También limita con Costa Rica por la frontera marítima de la región insular. La línea equinoccial o paralelo 0° atraviesa el país y divide los territorios continental e insular en dos, quedando así la mayor parte del territorio ecuatoriano en el hemisferio sur. Ecuador es considerado una reciente potencia energética basada en energías sustentables. Además, se trata del país con una de las más altas concentraciones de ríos por kilómetro cuadrado en el mundo y uno de los países de mayor biodiversidad del mundo. Es el primer país del planeta en tener los derechos de la naturaleza garantizados en su Constitución del año 2008. Un quinto del territorio total del país sudamericano se encuentra declarado dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador con un total de 62 reservas protegidas. Además, cuenta con la transición ecológica y la conservación ambiental como política de Estado.

### **Geografía**

Ecuador se encuentra sobre la línea ecuatorial terrestre por lo cual su territorio se encuentra en ambos hemisferios. Comprende dos espacios distantes entre sí: el territorio continental al noroeste de América del Sur con algunas islas adyacentes a la costa y, el archipiélago o provincia insular de Galápagos, que se encuentra a ~1000 kilómetros de distancia de la costa continental en el océano Pacífico.

**Clima:** El país posee una variedad climática amplia, pues su ubicación geográfica (zona ecuatorial), su orografía (la presencia de los Andes), la influencia de la selva

amazónica, y del océano Pacífico le confieren muchas modificaciones y pisos altitudinales con características propias.

La región litoral del país posee zonas climáticas amplias, favorecidas por sus llanuras costeras, y sus cordilleras pre montañas, aquí es muy claro el patrón, el norte es muy húmedo, y mientras se desciende se torna cada vez más seco; así, se identifican cinco climas claros (todos cálidos). La región interandina posee zonas climáticas más bien esporádicas, irregulares y muy diversas, donde son los Andes su principal influencia, aquí es más difuso hablar de una zonificación climática, aunque por lo general mientras más al norte y al este más húmedo, y mientras más al sur y al oeste más seco, con salvas excepciones, aquí se identifican siete climas (dos cálidos, tres templados y dos fríos). La región oriental del país posee una consistencia mucho más basta que la costa, con un predominio zonal extenso de sus climas, todos húmedos, así se identifican tres (dos cálidos y uno templado). Por último, la región insular, es la más proclive a desarrollar microclimas, y es mucho más irregular y diversa que la Sierra, pues en su reducida extensión se identifican cinco climas esparcidos por sus islas y sus altitudes, en general mientras más baja es esta, el clima es más seco, y mientras se asciende se torna más húmedo.

**Biodiversidad:** La biodiversidad de Ecuador se debe a distintos fenómenos geográficos y climáticos que han estimulado la proliferación de una gran variedad de especies. El país se ubica en plena zona tropical y es atravesado por la Cordillera de los Andes, las costas están condicionadas por la corriente fría de Humboldt y la cálida de El Niño; todos estos factores explican los tipos de vegetación, ecosistemas y variedad de climas. Debido a tales factores el Ecuador se encuentra dentro de la lista de países megadiversos.

## Economía

El Producto Interno Bruto (PIB) de Ecuador creció un 3,2% en el tercer trimestre de 2022 con relación al mismo período de 2021, lo que refleja una recuperación de la actividad económica del país tras la desaceleración del segundo trimestre, cuando se incrementó un 1,7%. Según datos publicados por el Banco Central de Ecuador, el crecimiento interanual de la economía respondió al incremento del consumo de los hogares en 3,8%, del gasto en 2,0%, de la formación bruta de capital fijo en 1,0% y de las exportaciones en 0,1%. Por el contrario, las importaciones decrecieron en 0,4%. Además, el consumo de los hogares alcanzó un récord histórico, convirtiéndolo en un elemento "fundamental" para la recuperación sostenida de la economía ya que representa más del 65% del PIB. El PIB de Ecuador creció un 3,2% en el tercer trimestre de 2022.

A su vez, en términos reales, el PIB del tercer trimestre de 2022 se encuentra en niveles cercanos a los registrados en el tercer trimestre de 2019, previos a la pandemia. Por sectores, 14 de los 18 grupos que conforman el PIB de Ecuador registraron un desempeño positivo en términos interanuales, destacando el incremento de la acuicultura (14,5%), la hostelería (11,8%), el suministro de electricidad y agua (9,5%) y las comunicaciones (8%).

En la tabla siguiente, se muestra la variación en la producción del primer semestre, comparando los años 2021-2019 y 2021-2020, observándose una recuperación en todas las industrias post pandemia del COVID-19.

Industrias Manufactureras (variación Primer Semestre)	2021 vs 2019	2021 vs 2020
Fabricación de productos del caucho y plástico	10,7%	14,6%
Fabricación metales comunes y derivados del metal	-7,6%	5,9%
Fabricación de papel y productos de papel	0,1%	2,1%
Industrias manufactureras (NCP)	3,0%	0,6%
Fabricación de sustancias y productos químicos	-10,7%	2,0%
Fabricación de maquinaria y equipos	-11,6%	-0,5%
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	-17,7%	-0,8%
Producción de madera y productos de madera	-27,8%	-12,5%
Fabricación equipos de transporte	-44,4%	-19,3%

Fuente: BCE. Elaboración: CIP-DT

Los sectores que mayor proyección del VAB (Valor Añadido Bruto) presentaron para los años 2021 y 2022, fueron los de petróleo y minas y comercio; mientras que

el sector de la construcción presentó una mejoría respecto del año 2021.

Sectores Productivos	2021	2022
PIB	3,6%	2,5%
Manufactura (Exc. Refinac. Petróleo)	4,3%	2,6%
Comercio	7,9%	2,8%
Petróleo y minas	21,0%	3,7%
Agricultura	0,4%	1,4%
Construcción	-4,0%	2,9%
Otros Servicios	1,2%	3,0%
Transporte y Almacenamiento	3,5%	2,1%
Administración pública y otros	-1,4%	-1,2%
Actividades Profesionales y otros	1,8%	2,7%
Educación	3,3%	2,6%

Fuente: BCE. Elaboración: CIP-DT

### La minería en Ecuador

El Gobierno Nacional decidió apoyar el desarrollo de la industria minera y atraer capitales hacia este sector considerando que el Ecuador es un país con potencial minero, que tiene reservas de oro, plata y cobre, además de una variada oferta de productos mineros. Bajo este fundamento se creó el Ministerio de Minería del Ecuador (DE 578; 13-02-2015), el cual fue absorbido por el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (DE 399; 05-06-2018), actualmente Ministerio de Energía y Minas (DE 400; 14-04-2022), abarcando los sectores estratégicos de petróleo, minas y electricidad. Esta Secretaría de Estado es el ente rector y ejecutor de la política minera del área geológico-minera de conformidad con los principios de sostenibilidad, precaución, prevención y eficiencia; además, es parte de sector estratégico del país.

Los Objetivos Institucionales del Ministerio son: 1. Incrementar la eficiencia, capacidades institucionales y productividad en el aprovechamiento de los recursos energéticos y mineros; 2. Incrementar el uso eficiente de la demanda de la energía eléctrica a nivel nacional; 3. Incrementar la calidad, continuidad, resiliencia, seguridad y cobertura del servicio público de energía eléctrica; 4. Incrementar la oferta de generación y transmisión eléctrica en el país; 5. Incrementar los espacios de diálogo, seguimiento y coordinación entre los actores del territorio para el cumplimiento de los mecanismos de sostenibilidad en la gestión ambiental y

social del sector energético y minero en las áreas de influencia de sus proyectos; 6. Incrementar la eficiencia y transparencia en la gestión de las entidades del sector energético y minero; 7. Incrementar la seguridad integral en el uso de las radiaciones iozinantes y la aplicación de la energía atómica y nuclear.

La Ley de Minería establece que: "La explotación de los recursos naturales y el ejercicio de los derechos mineros se ceñirán al Plan Nacional de Desarrollo, a los principios del desarrollo sustentable y sostenible, de la protección y conservación del medio ambiente y de la participación y responsabilidad social, debiendo respetar el patrimonio natural y cultural de las zonas explotadas. Su exploración y explotación racional se realizará en función de los intereses nacionales, por personas naturales o jurídicas, empresas públicas, mixtas o privadas, nacionales o extranjeras, otorgándoles derechos mineros, de conformidad con esta ley."

La misma Ley clasifica a la minería en el país en cuatro clases: la artesanal o de subsistencia, la pequeña minería, la mediana minería y la minería a gran escala. Clasificación que se da de acuerdo a los niveles de producción diarios que puede tener una mina. También determina que el Estado ejecuta sus actividades mineras por intermedio de la Empresa Nacional Minera y podrá constituir compañías de economía mixta.

### ¿Qué minerales se extraen en el Ecuador?

La clasificación de los minerales tiene su fundamento en la composición química y en la estructura interna, las cuales en conjunto representan la esencia de un mineral y establecen sus propiedades físicas. Los minerales son

elementos o sustancias de lo más diversas que se pueden encontrar en el planeta Tierra, confirmando que nuestro planeta está constituido por ellos. En el Ecuador existe una variada gama de minerales, de los cuales se extrae principalmente los siguientes:

Años	SECTOR MINERO Producción Anual						
	ORO	PLATA	ARCILLA	CALIZA	SÍLICE	MAT. CONSTRUCCIÓN	DIÓXIDO DE CARBONO
	Kg	Kg	Ton	Ton	Ton	M3	Kg
<b>2010</b>	4.593	1.169	1.414.853	3.862.308	60.019	7.700.339	126.434
<b>2011</b>	4.923	1.589	2.016.027	5.309.485	83.275	12.385.717	512.070
<b>2012</b>	5.139	2.934	1.949.509	3.027.169	136.806	13.725.747	415.365
<b>2013</b>	8.676	1.198	1.412.990	6.838.391		10.653.048	294.547
<b>2014</b>	7.322	577	776.308	6.319.428	80.869	14.844.896	228.535
<b>2015</b>	7.723	2.521	538.622	5.416.827	84.473	6.653.242	82.051
<b>2016</b>	6.761	934	965.855	4.532.121	62.230	3.240.221	8.646.072
<b>2017</b>	6.368	68	527.908	3.516.852	41.230	4.127.772	33.013
<b>2018</b>	8.213	192	300.828	3.027.169	105.822	1.580.265	7.294.586
<b>*2019</b>	6.293	2.892	-	-	-	-	-
<b>*2020</b>	9.086	1.792	-	3.233.759	-	-	-
<b>*2021</b>	12.614	2.273	-	4.390.658	-	-	-

Fuente: BCE, a partir de Información obtenida de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARC), 2022

### Construcción

La construcción es un sector productivo clave en el crecimiento, pues genera mejoras en infraestructura, vivienda y edificaciones industriales útiles a corto y largo plazo para elevar el nivel de vida de la población. A su vez, al ser intensivo en capital y mano de obra, muchas familias dependen directa e indirectamente de esta actividad. A pesar de su importancia, han sido pocos los esfuerzos del Estado para que este sector se recupere, por lo menos a niveles pre-pandemia, ya que se evidencia una reducción del 82,3 % en el primer trimestre de 2022 en el gasto público destinado a la construcción, resultando en una participación respecto al total del PIB de únicamente 6%, que ha tenido una tendencia decreciente desde 2020.

El gasto en inversión pública destinada a la construcción se redujo en 82,3% en el primer trimestre del 2022, siendo el menor nivel de Formación Bruta de Capital Fijo para Ecuador en este periodo. La falta de inversión, tanto en infraestructura básica como en vivienda, ha sido un determinante en el bajo desempeño económico del Ecuador y esto afecta no solo al nivel de productividad y

competitividad, sino también a la calidad de vida de los ciudadanos, deteriorando los índices de pobreza.

Adicionalmente, el reporte presentado por la Asociación de Bancos Privados del Ecuador (Asobanca) muestra que, a pesar de haber crecido en 2,8% respecto al año pasado, el segmento de vivienda es el segundo destino de crédito menos atendido por la banca ecuatoriana, con un saldo de \$ 2.201 millones para julio de 2021; este valor representa únicamente el 6% de la cartera bruta, por lo que se remarca la dependencia del sector público para la reactivación del sector de la construcción.

Los bajos niveles de financiamiento se ven evidenciados en la contribución al Producto Interno Bruto que ha tenido el sector de la construcción durante los últimos periodos, la cual se ve estancada desde el tercer trimestre de 2021, con 6,3% del PIB. Adicionalmente, las ventas totales de este sector alcanzaron los \$187 millones en 2022, evidenciando una contracción de 0,3% respecto al mismo periodo del año 2021.

## Subsector eléctrico y producción de energía

La energía en todas sus formas se considera parte de un sector estratégico que es administrado por el Estado, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. En este sentido, la actividad energética se ordena por la Constitución, el Plan Nacional de Desarrollo, la Ley Orgánica de Servicio Público de Energía Eléctrica; que es articulada a través del Plan Maestro de Electricidad y de los demás planes sectoriales, reglamentos y regulaciones que fueren aplicables.

El sector eléctrico ecuatoriano es considerado como un pilar estratégico para el desarrollo económico y social del país. Entre sus metas fundamentales se destacan; generar energía a través de recursos renovables, diversificar la matriz energética, impulsar la inversión extranjera y brindar a todos los ecuatorianos un servicio de calidad, continuo y confiable.

En 2021, el sector eléctrico ecuatoriano, a través del Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR), generó desarrollo en áreas como: generación, transmisión, distribución y

comercialización, ofreciendo un servicio eléctrico eficiente y de calidad.

Durante ese periodo, según datos del Operador Nacional de Electricidad (CENACE), la producción de energía en el Ecuador, alcanzó los 27. 659 GWh, (Gigavatio hora) de los cuales, el 93,2% correspondió a fuentes renovables, basadas principalmente en recursos hídricos, gracias a la operación continua de centrales hidroeléctricas como: Coca Codo Sinclair, Paute, Sopladora, Minas San Francisco, Delsitanisagua, entre otras; razón por la cual, el uso de combustibles fósiles para producción, disminuyó de forma considerable, alcanzando mínimos históricos

Asimismo, la demanda anual de electricidad aumentó un 6% gracias a la recuperación y dinamización de las actividades productivas del país.

En cuanto a excedentes de electricidad, en 2021, tras abastecer la demanda interna, se logró exportar 522,87 GWh a Colombia (479,44 GWh) y a Perú (43,43 GWh), con lo que se registraron ingresos para las arcas fiscales de alrededor de USD 15 millones.



Estadísticas Sector eléctrico Ecuador (Min. Energía y Recursos Naturales)

POLÍTICA PÚBLICA DEL SECTOR ELÉCTRICO, contenida Mediante Acuerdo Ministerial No. MEM-MEM-2022-0024-AM de 30 de junio 2022, publicado en el Registro Oficial No. 91 de 24 de junio de 2022, el Ministerio de Energía y Minas (MEM), expidió la “Política Pública del Sector Eléctrico”.

Objeto y ámbito de aplicación. – La Política Pública es aplicable en todo acto propenso a la administración, regulación, control y gestión que realizan las entidades y organismos del sector eléctrico. Todas las instituciones, empresas relacionadas y vinculadas con el sector eléctrico, deberán articular su planificación institucional; programas y proyectos públicos, con el fin de cumplir con los objetivos, políticas y lineamientos estratégicos establecidos en la Política Pública.

La Política Pública se fundamentará en los siguientes ejes estratégicos:

- a. Eje de Seguridad y Calidad para el Abastecimiento de Energía Eléctrica
- b. Eje de Demanda y Consumo de Energía Eléctrica
- c. Eje de Eficiencia Energética
- d. Eje Ambiental y Social
- e. Eje Institucional.

**Eje de Seguridad y Calidad para el Abastecimiento de Energía Eléctrica.** Objetivos: (i) garantizar el abastecimiento de la demanda energía eléctrica del Ecuador, mediante la expansión óptima del parque generador, promoviendo el uso de recursos energéticos renovables. (ii) Promover un proceso sistemico e integrado de planificación para la realización de estudios de expansión de la generación, transmisión y de los enlaces internacionales. (iii) Garantizar la seguridad, confiabilidad y gestión eficiente del Sistema Nacional de Transmisión, mediante la ejecución de proyectos de infraestructura para satisfacer los requerimientos de la oferta y demanda.

**Eje de Demanda y Consumo de Energía Eléctrica.**

Objetivos: (i) Promover la planificación integral de los sistemas de distribución. (ii) Brindar el servicio de alumbrado público general en condiciones técnicas, económicas, sociales y ambientales óptimas. (iii) Brindar el servicio público de energía eléctrica bajo los preceptos de sostenibilidad, sustentabilidad, resiliencia, seguridad, calidad y confiabilidad. (iv) Brindar el servicio de Carga de Vehículos eléctricos con las mejores condiciones técnicas, económicas, sociales y ambientales.

**Eje de Eficiencia Energética.** Objetivo: (i) Alcanzar la optimización en el uso y consumo energético, en toda la cadena de suministro y en los usuarios finales. Para cumplir dicho objetivo se plantea fomentar esquemas de financiamiento y cooperación para la eficiencia energética, así como proponer y aplicar incentivos y desincentivos tarifarios, orientados al consumo eficiente de la energía eléctrica.

**Eje Ambiental y Social.** Objetivos: (i): Diversificar la matriz eléctrica priorizando los recursos naturales renovables y los no convencionales, impulsando la reducción de los gases de efecto invernadero. (ii) Promover el acceso a la energía para todos los sectores sociales, de forma segura, de calidad y a costos accesibles.

**Eje Institucional.** Objetivos: (i) Impulsar el desarrollo del sector eléctrico ecuatoriano, con el fin de brindar a la ciudadanía los servicios con óptimos estándares de calidad y a precios socialmente justos, aplicando en su gestión las mejores prácticas ambientales.

### **Infraestructura**

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) y la Secretaría de Asociaciones Público-Privadas trabajan en una modernización del sistema de estructuración de proyectos con miras a captar la inversión y el interés que se requieren para materializar estas iniciativas.

En Ecuador se tiene una red vial estatal de alrededor de 10.290km, de los cuales un 17% (1.758 km) se encuentran actualmente concesionados bajo delegación a actores públicos o privados, están en su gran mayoría en buen estado, especialmente el tramo concesionado a empresas privadas, que es de alrededor de 900km.

Solamente en proyectos nuevos se considera una inversión de US\$4.211 millones: US\$2.228 en Capex y US\$1.983 millones en Opex en 12 proyectos, dentro de los cuales se está priorizando 5, que corresponden a la vía Guayaquil-Machala, la autopista Quito-Guayaquil; la autopista Guayaquil-Cuenca, la vía Manta-Quevedo y el sistema vial Cruce Sur, conocido como Viaducto Sur de Guayaquil, que incluye el quinto puente hacia el puerto Guayaquil.

## 4.2

# Ecuador y el Cambio Climático

### Vulnerabilidad al Cambio Climático

El cambio climático se ha convertido en uno de los temas principales en las agendas en diferentes países. Los efectos actuales requieren de acciones climáticas efectivas ya establecidas en el Acuerdo de París con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, los principales cambios para enfrentar y reducir el cambio climático dependen de las decisiones de cada país y no sólo de los acuerdos mundiales, ya que los impactos y magnitudes varían localmente. El último informe de Naciones Unidas sobre el cambio climático muestra que el planeta está en alerta roja. En Ecuador, si se continúa la emisión de gases contaminantes, la emergencia climática podría impactar con el derretimiento de los glaciares en la zona montañosa, el incremento del nivel del mar en las zonas costeras, la llegada frecuente de lluvias y tormentas en la Amazonía, y el aumento en la temperatura de las Islas Galápagos.

El informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, publicado el 10 de agosto del 2021, señaló que hasta ahora la humanidad es responsable de aproximadamente 1,1°C del calentamiento y se prevé que en los próximos 20 años

alcanzará o superará los 1,5 °C. Lo que quiere decir que los esfuerzos climáticos hasta el momento son insuficientes.

Ecuador no está ajeno de sufrir las consecuencias de este fenómeno. Entre los impactos más probables que se podrían verificar en el país se destacan: la intensificación de eventos climáticos extremos, como el fenómeno del “Niño”, el incremento del nivel del mar, el retroceso de los glaciares, mayor transmisión de dengue y otras enfermedades tropicales, la expansión de las poblaciones de especies invasoras en Galápagos y otros ecosistemas sensibles del Ecuador continental y la extinción de especies.

Uno de los riesgos más graves es el aprovisionamiento de agua y sobre todo agua para riego y agricultura. Más o menos el 20% de las tierras y los suelos ecuatorianos están degradados y casi la mitad están en proceso de degradación. Entonces, el cambio climático lo que hace es exacerbar, hacer más graves estos temas de fertilidad del suelo y eso implica un problema para la seguridad alimentaria porque se afectaría la agricultura.

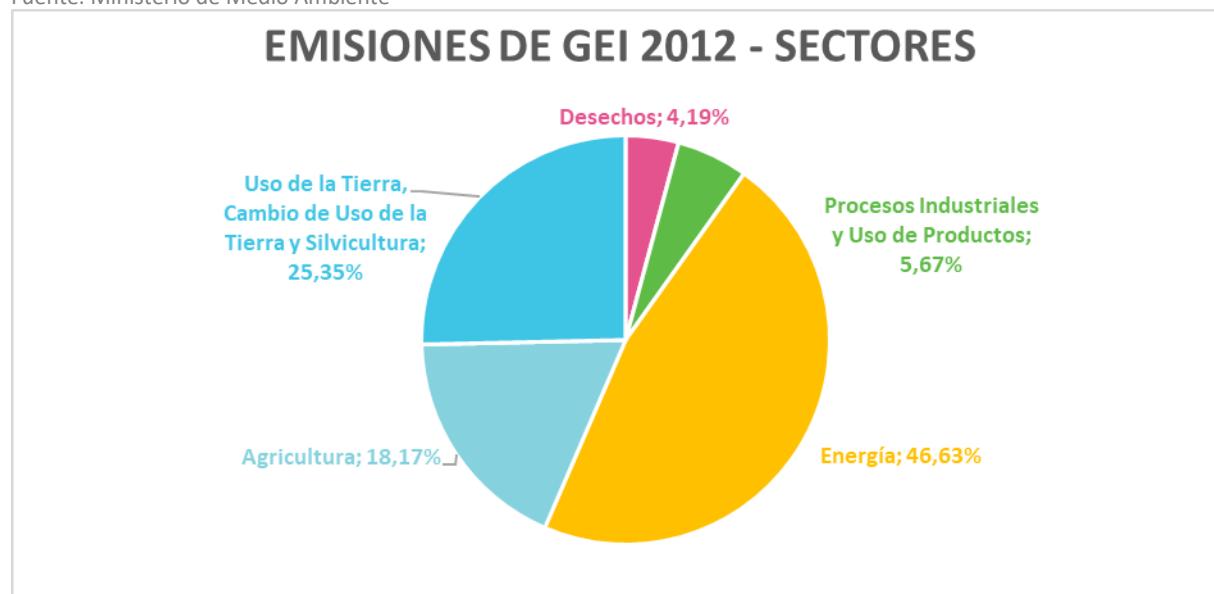
## Emisiones de CO<sub>2</sub>

Ecuador emite un porcentaje marginal de GEI a nivel mundial. Las emisiones totales del INGEI 2012 de Ecuador ascienden a 80.627,16 Gg de CO<sub>2</sub> eq, de los cuales el sector Energía genera el mayor aporte con el 46,63% de dichas emisiones, seguido del sector USCUS con el 25,35% de las emisiones totales netas (valor neto

resultante de las emisiones menos las absorciones). El tercer lugar lo ocupa el sector Agricultura con el 18,17% de los GEI emitidos a la atmósfera. Los sectores Procesos industriales y Residuos representan en conjunto el 10% aproximadamente de las emisiones del país, registrando el 5,67% y 4,19%, en cada caso.

Figura 21: Inventario Nacional GEI Ecuador según Sectores

Fuente. Ministerio de Medio Ambiente



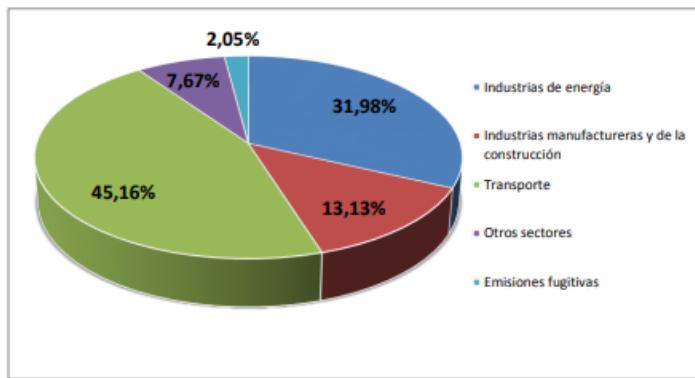
Pese a las marginales emisiones, Ecuador se ha comprometido a disminuirlas en el periodo 2020-2025 a través de las siguientes líneas estratégicas para cada sector:

SECTOR	LINEAS DE ACCION
Procesos Industriales	Disminuir las emisiones de GEI mediante adiciones en la producción de cemento
Energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impulsar el uso de energía renovable</li> <li>• Fortalecer la eficiencia energética y el cambio de conducta de consumo</li> <li>• Fomentar e implementar la movilidad sostenible</li> </ul>
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar investigación y generación de sistemas de información para fortalecer la gestión del cambio climático en el sector agropecuario</li> <li>• Promover el desarrollo pecuario sostenible a nivel nacional</li> </ul>
Uso del Suelo, cambio uso de suelo y silvicultura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservar el patrimonio natural</li> <li>• Fortalecer el manejo forestal sostenible</li> <li>• Fortalecer la restauración del patrimonio natural</li> <li>• Fortalecer e incrementar el establecimiento y manejo de las plantaciones forestales comerciales sostenibles</li> <li>• Fortalecer el control forestal</li> <li>• Fortalecer el Sistema Nacional de Áreas Protegidas</li> </ul>

### Resultados Sector Energía – Combustión estacionaria y Emisiones Fugitivas

Las emisiones totales del sector Energía para el año 2012 ascienden a 37.594,03 Gg de CO<sub>2</sub>-eq. En este sector la categoría Quema de combustibles aporta con el 97,95% del total del sector y la categoría Emisiones fugitivas provenientes de los combustibles con el 2,05%. Los GEI considerados en este sector son CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. La categoría Emisiones fugitivas provenientes de los combustibles agrupa las emisiones de todas las actividades de petróleo y gas natural que incluye las

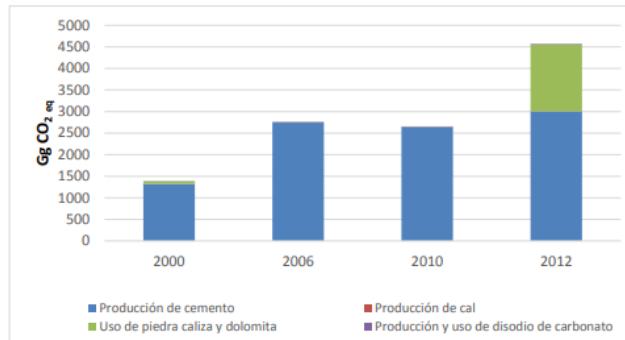
fugas de equipos, pérdidas por evaporación, el venteo y la quema. Esta categoría incorpora la subcategoría de Petróleo y gas natural, cuyas emisiones de CH<sub>4</sub> para el año 2012 fueron de 771,48 de Gg de CO<sub>2</sub> eq. Durante el período 1994-2012 las Emisiones fugitivas se incrementaron en 43,15%.



### Resultados Sector Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP)

Las emisiones totales del año 2012 para el sector Procesos industriales se estimaron en 4.571,72 Gg de CO<sub>2</sub> eq. De acuerdo con la desagregación de las emisiones relevantes para el Ecuador, sólo se registra la categoría Productos minerales a la cual le corresponde el 100% de las emisiones sectoriales. En el contexto nacional esta categoría incluye las emisiones de la subcategoría Producción del cemento que involucra el proceso de fabricación del cemento y emisiones provenientes de la producción de cal.

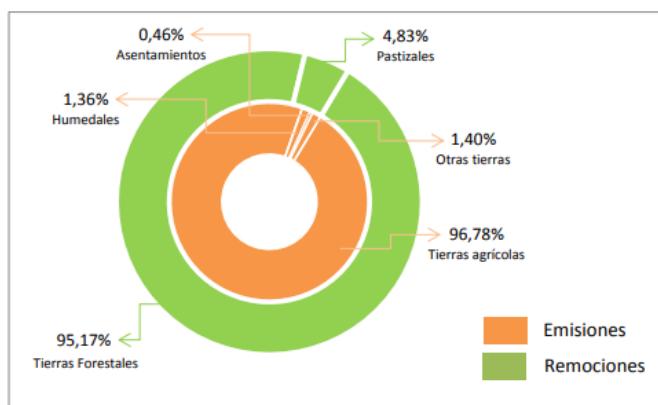
De acuerdo con la serie histórica, el crecimiento de las emisiones alcanzó 124,45% desde 1994, lo cual debe su explicación al ritmo de actividad económica en el país, las políticas de acceso al crédito para la vivienda de los últimos años, así como la inversión del sector público en obras de infraestructura a nivel del territorio nacional.



### Resultados Sector Uso de la Tierra, Cambio Uso de Tierra y Silvicultura (UTCUTS)

El sector Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (USCUSS) está compuesto por las emisiones y capturas de CO<sub>2</sub> provenientes de Tierras forestales, Pastizales, Tierras agrícolas, Humedales, Asentamientos y Otras tierras. Las emisiones se producen al existir "cortas" (raeles o cosechas) de plantaciones forestales, de bosque nativo manejado y cambio de uso de suelo. Las fuentes de captura de carbono son principalmente producto del crecimiento del bosque bajo un régimen

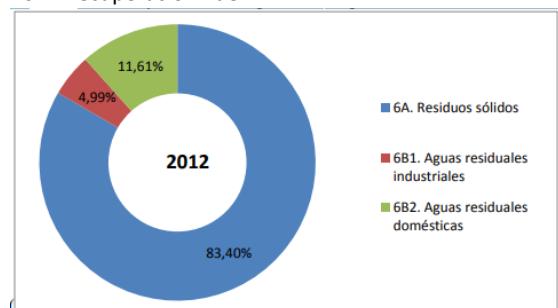
especial de protección, plantaciones de especies forestales y abandono de tierras de cultivo. Para el año 2012 las emisiones totales netas (emisiones menos absorciones) del sector USCUSS se ubicaron en 20.435,49 Gg de CO<sub>2</sub> eq (siendo 25,35% del inventario total). El total de absorciones de este sector fue de 19.769,68 Gg de CO<sub>2</sub> debido a los cambios de stocks de carbono de la biomasa.



### Resultados Sector Residuos

Este sector contabiliza las emisiones de GEI generadas por las reacciones anaeróbicas que se producen desde la descomposición de los residuos orgánicos depositados en vertederos de residuos sólidos, las procedentes de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales domésticas y los efluentes industriales, así como las producidas en la incineración sin recuperación de

energía. Las emisiones del sector Residuos alcanzaron 3.377,83 Gg de CO<sub>2</sub> eq para el año 2012, correspondiendo en su mayoría a la categoría de Disposición de residuos sólidos con un 83.4%.



# 4.3

## Políticas Climáticas

El Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) publicó en junio de 2018 “Guía de buenas prácticas para la adaptación de las carreteras al clima CAF 2018”,<sup>14</sup> el cual señala:

“La adaptación de las carreteras a la variabilidad y cambio climáticos tiene como objetivo prever los efectos adversos del clima y tomar las medidas adecuadas para evitar o minimizar los daños que puedan causar, con el fin de reducir costos futuros y maximizar la rentabilidad de las inversiones. Estas medidas de adaptación deben

enfocarse tanto a corto como a medio y largo plazo, y complementarse con herramientas de gestión ambiental, de planificación y de gestión de riesgo de desastres.”

Además, en este documento se muestran los distintos niveles de avance en el establecimiento de políticas climáticas en América Latina y El Caribe. En la Tabla 5 se puede apreciar que Ecuador cuenta con legislación sobre Cambio Climático. Actualmente corresponde al Plan Nacional del Buen Vivir, la Estrategia Nacional de Cambio Climático y la Ley de Gestión Ambiental.

Tabla 3. Instrumentos de gestión de cambio climático en países de América Latina y El Caribe

Fuente. Guía de buenas prácticas para la adaptación de las carreteras al clima CAF - 2018

Instrumentos de gestión cambio climático	Legislación	Estrategia y/o Política	Plan de Acción	Acciones de adaptación de carreteras
ARGENTINA		SI		
BARBADOS		SI		
BOLIVIA	SI	SI	SI	
BRASIL	SI	SI	SI	SI
COLOMBIA	SI	SI	SI	SI
COSTA RICA		SI	SI	
CHILE		SI	SI	SI
ECUADOR	SI	SI	SI	
EL SALVADOR		SI	SI	SI
GUATEMALA	SI	SI	SI	SI
HONDURAS	SI	SI		
JAMAICA		SI		SI
MEXICO	SI	SI	SI	SI
NICARAGUA		SI		SI
PANAMA	SI	SI		
PARAGUAY		SI	SI	SI
PERU	SI	SI	SI	SI
REPUBLICA DOMINICANA		SI	SI	
TRINIDAD Y TOBAGO		SI		
URUGUAY		SI	SI	
VENEZUELA		SI		

Fuente: "Guía de buenas prácticas para la adaptación de las carreteras al clima" CAF. Junio 2018

<sup>14</sup> Banco de Desarrollo de América Latina, CAF, “Guía de buenas prácticas para la adaptación de las carreteras al clima CAF”, 2018.

## Contribuciones Nacionalmente Determinadas Ecuador (NDC, 2019)

El Ecuador, no escatima esfuerzos para sumarse a la lucha global para combatir el cambio climático de acuerdo a sus capacidades. En este sentido presenta su NDC, en cumplimiento con las obligaciones que emanan del Acuerdo de París. Desde mediados del 2017, se inició el proceso de recopilación y procesamiento de información, mapeo de actores y roles, identificación de iniciativas sectoriales y arreglos institucionales necesarios, construcción de escenarios incondicional y condicionado, y planteamiento / priorización de medidas y líneas de acción para la construcción de su primera NDC. El proceso participativo de la NDC ha sido diseñado con tres principios rectores:

1. Facilitar la participación de las y los actores como agentes de cambio y fomentar su compromiso con el proceso de formulación de la NDC.
2. Transversalizar el enfoque de género en cada fase del proceso.
3. Generar mecanismos de mejora constante de los resultados y actividades de la NDC.

El objetivo general de la NDC para el Ecuador es implementar políticas, acciones y esfuerzos que promuevan la reducción de gases de efecto invernadero y el aumento de la resiliencia y disminución de la vulnerabilidad a los efectos adversos del cambio climático en los sectores priorizados en la Estrategia

Nacional de Cambio Climático. Estas acciones y esfuerzos se verán guiados por las líneas estratégicas y medidas identificadas en las secciones posteriores del documento.

A través de la implementación de esta NDC, el Ecuador busca cumplir con las obligaciones del Acuerdo de París para coadyuvar al logro de su objetivo general y sus objetivos específicos como están estipulados en su artículo 2. Esto implica generar arreglos y diseñar acciones y esfuerzos para implementar de mejor manera todos los compromisos estipulados en el artículo 4 de la Convención, así como los objetivos específicos del Acuerdo de París relacionados con: a) limitar el aumento de temperatura global muy por debajo de los 2 grados centígrados por encima de niveles preindustriales, b) aumentar la habilidad de adaptarse a los impactos adversos del cambio climático y aumentar la resiliencia alimentaria de una forma que no amenace la producción alimenticia y c) hacer que los flujos financieros sean consistentes con un desarrollo bajo en emisiones y resiliente al clima. Estas acciones deben estar guiadas en todos los países por los principios y provisiones de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático y del Acuerdo de París.

### Líneas de acción de mitigación del escenario incondicional Sector Procesos Industriales

Escenario	Líneas de acción	Iniciativas	Descripción
Incondicional	Disminuir las emisiones de GEI mediante adiciones en la producción de cemento.	Reducción de emisiones de GEI en el sector cementero	Sustitución de clínker en el cemento por adiciones.
Condicional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> mediante adiciones en la producción de cemento.</li> <li>• Promover la investigación sobre medidas de mitigación para el sector Procesos Industriales.</li> <li>• Apoyar la generación; el intercambio y la difusión de información para impulsar acciones de mitigación en el sector de Procesos Industriales.</li> </ul>	Reducción de emisiones de GEI en el sector cementero	Sustitución de clínker en el cemento por adiciones (ampliación).

Finalmente, en cumplimiento de lo establecido en el Acuerdo de París y como resultado del proceso participativo intersectorial, con múltiples actores de distinto niveles de la formulación de la NDC, las líneas de acción que se han identificado y que contribuyen con la mitigación del cambio climático en los sectores de Energía, Agricultura, Procesos Industriales y Residuos dan por resultado un potencial de reducción de emisiones de GEI estimado que corresponde a un 9% en

comparación al escenario tendencial para el 2025. Así mismo, se ha identificado un potencial de reducción de emisiones de GEI del 20,9% al mismo periodo, sujeto al apoyo de la cooperación internacional para implementar las líneas de acción establecidas en este escenario condicional. Esto daría paso a un incremento de ambición en materia de mitigación de un 11,9% en referencia al escenario tendencial al año 2025.

## Plan Nacional del Buen Vivir Ecuador (2017)

### El Plan Nacional de Desarrollo y la Planificación de Largo Plazo

Garantizar una vida digna para todas las personas, a más de ser un mandato constitucional, es un imperativo moral. Precisamente el primer eje, se orienta al ideal de lograr una sociedad más justa y equitativa construida a través de la promoción de la igualdad en todos los ámbitos y la erradicación de todo tipo de discriminación, exclusión y pobreza.

En la misma línea, los retos se orientan a garantizar los derechos de la naturaleza. Actualmente el mundo atraviesa un periodo de crisis ambiental, reflejado en amenazas a los recursos naturales, la perdida de vegetación natural, la degradación de los ecosistemas, la extinción acelerada de especies, la contaminación ambiental y el cambio climático. De allí que este tema deba ser incorporado dentro de la planificación de largo

plazo, ya que la garantía de estos derechos exige del manejo sustentable de los recursos por parte de las generaciones actuales, con el fin de garantizar un ambiente sano, digno y abundante para las generaciones futuras.

Además de estas orientaciones, la Visión de Largo Plazo del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021, se enmarca en los compromisos internacionales de desarrollo global, particularmente en la Agenda 2030 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible, los cuales plantean importantes desafíos al futuro: la reducción de la pobreza, la calidad educativa, la igualdad de género y además enfatiza en los desafíos ambientales, en particular el cambio climático, temas que guardan concordancia con los ejes definidos en este Plan.

### Visión de Largo Plazo, Ecuador 2030

Al 2030, Ecuador garantizará los derechos de las personas en su diversidad y en todo el ciclo de vida, respetando la interculturalidad y plurinacionalidad en un entorno sustentable con responsabilidad intergeneracional y justicia social que promueva la transparencia, corresponsabilidad y equidad social y territorial.

Con respecto al ambiente, el Ecuador asumirá plenamente su protección y la garantía de los derechos de la naturaleza. Esto incluye el manejo responsable de los recursos naturales, para beneficio colectivo de la sociedad, junto con la protección de la diversidad biológica, la prevención de la degradación del suelo, y una respuesta adecuada al cambio climático.

Los efectos del cambio climático y el hecho de que el Ecuador sea un territorio susceptible de desastres de origen natural y antrópico, hacen que sea imperativa la transversalización de políticas de mitigación y adaptación al cambio climático, con énfasis en el Sistema Descentralizado de Gestión de Riesgos, como mecanismo para mitigar el impacto de fenómenos naturales y otras emergencias.

Para ello, se precisa un trabajo interinstitucional que permita identificar las zonas más propensas a eventos naturales adversos y elaborar así estrategias que incluyan medidas de prevención, mitigación y reducción de riesgos; así como generar mapas de vulnerabilidad ambiental; y, concientizar a las comunidades para motivar su participación y asumir la corresponsabilidad de la gestión ambiental.

Las nuevas tendencias mundiales apuntan a hacer de las ciudades lugares más seguros, que cuenten con servicios básicos, con espacios de convivencia que mejoren la calidad de vida de sus habitantes, con capacidad para reducir la vulnerabilidad a los efectos adversos del cambio climático y otros fenómenos naturales y antrópicos.

Ecuador se proyecta con una gestión ambiental proactiva hacia el campo de las relaciones internacionales. Seremos un referente regional de las cumbres sobre mitigación y adaptación al cambio climático, sus consecuencias en la movilidad humana, y la deuda ecológica.

## Estrategia Nacional de Cambio Climático Ecuador (ENCC 2012-2025)

La Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) es el resultado de un esfuerzo liderado y facilitado por el Ministerio del Ambiente, en un intenso proceso que ha cubierto varias etapas.

Primera: recopilación de información bibliográfica y documental en diferentes instituciones del Estado, Segunda: recopilación puntos de vista e insumos de varios actores del Gobierno y la Sociedad Civil, Tercera etapa, estos insumos fueron organizados sistemáticamente, dando como resultado una propuesta para la estructuración de la Estrategia: i) generación de información; ii) comunicación y gestión del conocimiento; iii) desarrollo de capacidades humanas y tecnológicas; y iv) definición de Políticas sobre cambio climático.

Cuarta: elaboración la primera propuesta borrador de la Estrategia con todos los insumos disponibles hasta ese momento.

Quinta: revisión del documento borrador en su conjunto con el Comité Interinstitucional de Cambio Climático (CICC), instancia de alto nivel político.

Asimismo, en esta última etapa se consolidó el diseño definitivo de la presente Estrategia: se definieron las dos Líneas Estratégicas: adaptación y mitigación del cambio climático, se establecieron Objetivos Generales para cada una de esas Líneas Estratégicas, así como también Objetivos Específicos, Resultados Esperados para el año 2013, y Lineamientos para la Acción para el 2017 y el año 2025.

El presente documento de la Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador (ENCC), consta de tres partes. En la primera se presentan los antecedentes y el contexto en el que se desarrolla la gestión sobre cambio climático en el país, e integra tres secciones: (1) antecedentes sobre cambio climático y sobre el país; (2) una justificación de la Estrategia; y (3) se resume el contexto político y normativo, así como el contexto institucional en el que se sustenta la gestión sobre cambio climático en Ecuador.

La segunda parte del documento es la ENCC en sí: Principios de la Estrategia; los Sectores Prioritarios de Intervención; la Visión; las Líneas Estratégicas de intervención; los Objetivos, Resultados y Lineamientos para la Acción para cada Línea Estratégica; y el Mecanismo de Implementación.

Finalmente, la tercera parte del documento está constituida por los anexos a los que se hace referencia a lo largo del texto.

Los elementos estructurales de la Estrategia se destacan en nueve principios que guiarán la implementación de la Estrategia: (1) Articulación regional e internacional; (2) Consistencia con principios internacionales sobre cambio climático; (3) Énfasis en la implementación local; (4) Integridad Ambiental; (5) Participación Ciudadana; (6) Proactividad; (7) Protección de grupos y ecosistemas vulnerables; (8) Responsabilidad inter-generacional; (9) Transversalidad e integralidad.

La visión ha sido definida para el año 2025, un direccionamiento que busca establecer en el largo plazo un estado de situación deseable respecto de la gestión sobre cambio climático en el país. Dos Líneas Estratégicas constituyen los ejes de trabajo planteados por la Estrategia para el cumplimiento de la visión al año 2025: (1) adaptación y (2) mitigación del cambio climático. Cada una de las Líneas Estratégicas cuenta con un Objetivo General, varios Objetivos Específicos, Resultados al año 2013 y Lineamientos para la Acción hacia los años 2017 y 2025.

Cada uno de estos elementos requerirá ser ajustado y actualizado según los períodos de planificación nacional (4 años), en la perspectiva de alcanzar la visión planteada para el año 2025.

A partir de la información disponible se han identificado sectores en los que es necesario enfocar las acciones para afrontar los retos del cambio climático. Para la definición de áreas de trabajo prioritarias para la adaptación al cambio climático se han considerado dos criterios: los sectores priorizados en el Plan Nacional para el Buen Vivir y en las Políticas públicas del país; y los sectores que han logrado consolidar más información acerca de los futuros impactos del cambio climático, una vez que éstos se verían directamente afectados por otras áreas y sectores a través de un extenso y complejo sistema de interacciones, reportados en el Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. De esta forma, los sectores prioritarios para la adaptación al cambio climático en Ecuador son: (1) agricultura, ganadería y soberanía alimentaria; (2) pesca y acuacultura; (3) salud; (4) recursos hídricos; (5) ecosistemas naturales; (6)

grupos humanos vulnerables; (7) turismo; (8) infraestructura; y (9) asentamientos humanos.

Para la definición de sectores prioritarios para la mitigación del cambio climático, o reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, se consideraron tres criterios: los sectores que generan las mayores emisiones en el país (a partir de los resultados del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de la Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático); la importancia relativa del sector en la

economía del país; y los futuros compromisos que el país deberá cumplir para generar bianualmente su Reporte de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Es así que los sectores y subsectores prioritarios para la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Ecuador son: (1) agricultura; (2) uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura; (3) energía; (4) manejo de desechos sólidos y líquidos; y (5) procesos industriales.

## **Norma Técnica que Establece Esquema de Compensación Emisiones Gases de Efecto Invernadero del Ecuador, contenida en el Acuerdo Ministerial No. MAATE-2023-053 (Reg Oficial 333, 16-06-2023)**

Esta tiene como objeto instituir y expedir el esquema, lineamientos y criterios técnicos para la compensación de emisiones de GEI en el Ecuador, mediante proyectos, medidas y acciones voluntarias denominadas iniciativas de mitigación, que permitan la reducción de emisiones y/o aumento de remociones de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Es aplicable para las iniciativas de mitigación voluntarias de reducción y/o remoción de emisiones de gases de efecto invernadero, de carácter público, privado, comunitaria o mixtas que se desarrollen en el territorio nacional, para que puedan ser usadas como compensaciones de emisiones de gases de efecto invernadero por proponentes nacionales o extranjeros.

En ella se establece la compensación como el proceso en el cual las emisiones generadas por un producto, organización, proyecto o evento, que no han podido ser reducidas o removidas por esfuerzos propios, pueden ser balanceadas a través de una iniciativa registrada en el Registro Nacional de Compensación. Los fines de la compensación de emisiones de GEI serán:

- a) Reconocer los esfuerzos de quienes implementan acciones efectivas, medibles, reales y verificables que permiten reducir y/o remover las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) desarrolladas de conformidad con este Acuerdo Ministerial;
- b) Promover la movilización de financiamiento dirigido hacia la mitigación de cambio climático, que también aporte a fortalecer los procesos de adaptación al cambio climático, a reducir las brechas de desarrollo sostenible y a generar otros co-beneficios ambientales y sociales.

- c) Fortalecer la acción climática multiactor y multinivel, generando beneficios para actores locales de forma justa y equitativa.
- d) Complementar y fortalecer los esfuerzos nacionales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero establecidos en la NDC (Contribución Nacional Determinada), en el marco de los compromisos climáticos internacionales que mantiene el Ecuador.
- e) Contribuir a la sostenibilidad financiera de iniciativas públicas y privadas, que aporten de forma trazable y transparente a la acción climática del Ecuador.
- f) Aportar a la implementación de las políticas nacionales de lucha contra el cambio climático.
- g) Vincular e integrar a los actores pertinentes del sector público, privado, pueblos y nacionalidades indígenas, y ONG en acciones específicas que fortalecen la acción climática del Ecuador.
- h) Otros que más adelante se evidencien con la aplicación del Esquema Nacional de Compensación de emisiones GEI.

La compensación de emisiones de GEI del Ecuador busca que aquellas empresas que han medido y reducido su huella de carbono internalicen los costos relacionados a las emisiones de GEI a través del reconocimiento económico de las acciones efectivas, medibles, reales y verificables de reducción y/o remoción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), que además demuestran la generación de cobeneficios ambientales y sociales.

La compensación la realizará un proponente que previamente haya realizado sus esfuerzos por descarbonizar sus procesos y busca balancear de forma efectiva los flujos de carbono.

### Iniciativas de mitigación de los otros sectores de mitigación

**ART 38.- DE LAS INICIATIVAS DE MITIGACIÓN DE LOS OTROS SECTORES DE MITIGACIÓN:** Son iniciativas cuyo objetivo principal es la reducción de emisiones gases de efecto invernadero para generar Unidades de Carbono Equivalente. Para efectos de la presente norma las iniciativas que se enmarcan en los otros sectores de mitigación son las siguientes, sin que esto excluya que en la evaluación del Esquema de Compensación se puedan incluir nuevas iniciativas en coordinación con las entidades sectoriales competentes:

- a) Iniciativas del Sector Energía, Como (entre otras):
  - i. Generación energía renovable
  - ii. Generación electricidad a través de fuentes renovables conectadas a la red nacional: (...), residuos sólidos, biomasa y biogás
  - vii. Eficiencia energética por consumo en los sectores industrial, (...)
  - x. Sustitución combustibles en industrias
  - xvi. Cambios en el proceso productivo que resultan en una mejora de la eficiencia energética. Se podrán incluir en dicha tecnología sustitución de equipos, reacondicionamiento, mejora y actualización de estos.
  - xvii. Mejora de la eficiencia energética en los equipos que suministran algún tipo de energía (mecánica, térmica, eléctrica) en el sector industrial como parte de los procesos productivos como el uso de calderas, motores, hornos, entre otros.

xviii. Sustitución de combustibles menos eficientes por otros más eficientes.

xv. Reducción de emisiones mediante la renovación de flota por vehículos con combustibles de bajas o cero emisiones.

xvi. Implementación de ciclos combinados en el sector de hidrocarburos, en la generación de energía y en sector industrial.

xxix. Iniciativas de uso de biomasa en reemplazo de combustibles fósiles en equipos de generación de calor en el sector industrial y agropecuario.

b) Iniciativas del Sector Residuos, como:

- i. Captura activa y quema de biogás en rellenos sanitarios.
- ii. Evitar las emisiones de metano de la descomposición de biomasa mediante compostaje.
- iii. Generación de biogás a partir de estiércol.
- iv. Utilización de biogás y biomasa para uso térmico en hogares y pequeños usuarios.

c) Iniciativas del Sector Procesos Industriales, como:

- i. Reemplazo de Clinker en la producción de cemento por materiales que reduzcan las emisiones de GEI.
- ii. Reducción de emisiones GEI en la producción de cemento.

*La adecuada fijación de estrategias de desarrollo, en armonía con las estrategias nacionales, para enfrentar el cambio climático, es clave para la industria cementera ecuatoriana.*

*La importancia equilibrada que ha otorgado Ecuador a las medidas de mitigación y adaptación implica establecer el discurso y las prioridades coincidentes con estas estrategias, como sería, por ejemplo, trabajar en temas tales como: Implementación y profundización de los ejes de reducción de emisiones, como también la inversión en I+D para tales fines, además de abordar temas como: Pavimentos Resilientes, Vivienda Social e Infraestructura en general, dadas las características y ventajas del cemento como uno de los materiales de construcciones más resilientes al cambio climático.*

5

# Elaboración Hoja de Ruta Ecuador - FICEM

## 5.1

# Adaptación al Cambio Climático y la Industria del Cemento

La acción global frente al cambio climático es ineludible e impostergable. De acuerdo con la comunidad científica internacional, es necesario que todos los países reduzcan, de manera conjunta y decidida, las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para evitar que los efectos se agraven. Para Ecuador, este desafío conlleva problemas sociales, económicos y ambientales que ya afectan a su población, infraestructura, sistemas productivos y ecosistemas.

Este fenómeno nos impone la necesidad de planear a largo plazo y actuar de inmediato para adaptarnos ante los impactos potencialmente adversos.

Para llegar a los objetivos en adaptación debe existir una política nacional robusta, coordinada y que apoye al desarrollo. Por ello es que la ENCC integra la adaptación como una de sus líneas estratégicas para el cumplimiento de la visión al año 2025.

La infraestructura estratégica provee los medios técnicos, instalaciones necesarias y los servicios para el desarrollo de las actividades esenciales. De la misma forma, representa un soporte fundamental para garantizar los derechos humanos a la salud, la seguridad, la integridad física, el bienestar y el desarrollo sostenible del país.

La conservación de la infraestructura estratégica y del patrimonio representa retos inherentes que serán exacerbados debido a los efectos adversos del cambio climático.

Por ejemplo, la infraestructura del sector energético es vulnerable ante la variabilidad climática, ya que sequías o lluvias severas pueden afectar el funcionamiento óptimo de la generación hidroeléctrica, entre otras.

Atendiendo lo anteriormente expuesto, las líneas de acción necesarias promoverán que la planeación, diseño, construcción, mantenimiento y operación de la

infraestructura estén enfocados a fortalecer su resistencia para asegurar la continuidad de la prestación de los servicios. Esto tiene como objetivo principal asegurar la resiliencia de la infraestructura nueva y existente, así como del patrimonio cultural tangible, yendo más allá de los diseños habituales y fomentando el desarrollo e incorporación de criterios de adaptación e identificación de riesgos al cambio climático basados en la ciencia que integren conocimientos tradicionales y de innovación para aumentar la fortaleza de los elementos que la conforman.

Lo anterior contribuirá, sobre todo, a cumplir con temáticas como: infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes, de calidad y de acceso asequible y equitativo, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano; resiliencia de la infraestructura en ciudades y asentamientos humanos, implementando políticas y planes integrados para la mitigación y adaptación al cambio climático, así como la gestión integral del riesgo de desastres; proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y natural; y modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles. En conclusión, la industria cementera de Ecuador deberá posicionar en todas las instancias nacionales el aporte del cemento a la adaptación al cambio climático, especialmente en materias de vivienda, pavimentos e infraestructura en general.

Para lo anterior, la industria contará con los *papers* que FICEM está elaborando: Vivienda Sostenible en concreto y Pavimentos Resilientes. Lo anterior implica elaborar planes que contengan acciones en los ámbitos de comunicaciones, investigación y desarrollo, como en el relacionamiento con las autoridades técnicas del país, para mejorar y fortalecer los códigos, normas o buenas prácticas en materia de construcción.

## 5.2

# Mitigación de GEI y la Industria del Cemento

En materia de mitigación, tal como ya señalamos, las políticas climáticas de Ecuador han definido en su NDC: Escenario No Condicionado → Disminuir las emisiones de GEI mediante adiciones en la producción de cemento, a través de la sustitución de clínker por adiciones. Escenario Condicionado → Disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> mediante adiciones en la producción de cemento, mediante la sustitución ampliada de clínker por adiciones.

La actividad industrial pública y privada en Ecuador es de gran relevancia, no solamente como motor económico sino como fuente de empleo para una gran parte de la población. A través de una colaboración constante y cercana con las diversas cámaras y asociaciones industriales, se identificaron oportunidades considerables para la reducción de emisiones y el incremento de la eficiencia energética del sector.

Las acciones consideran un enfoque sistémico de la actividad industrial, abarcando el sistema completo de producción para fomentar la economía circular, al reconocer las externalidades de los procesos empleados y a la vez optimizando el uso de insumos y de energía

requeridos. Estas acciones no solamente incidirán en la reducción de emisiones, sino también en la economía y la competitividad de las empresas.

En esta materia, los aportes de la industria de cemento no debieran limitarse a la contribución en la mitigación directa de gases GEI, sino que también debieran considerar el aporte en disminuciones de emisiones GEI por el uso del cemento en sectores tales como transporte, vivienda y residuos. En este último sector no sólo se aporta a la mitigación, sino también al aprovechamiento seguro y definitivo de residuos mediante su valorización como combustibles y materias primas alternativas.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la ejecución de los pasos 3, 4 y 5, dentro de los que se destacan la línea base emisiones, reducciones alcanzadas y potencial de reducción al 2030, ejes de reducciones y tecnologías asociadas. Los antecedentes utilizados para realizar este ejercicio son los resultados obtenidos en el Reporte 2019, validado por PwC (Anexo 1), y la información disponible en la Calculadora FICEM.

## 5.2.1

### Producción de cemento y emisiones de CO<sub>2</sub>

#### Producción de Cemento

De acuerdo con los sMRV, la producción de cemento de las empresas participantes en esta Hoja de Ruta, para los años 2014 y 2019 fue de 6.503.431 y 4.849.204 toneladas, lo que corresponde a 1.654.227 toneladas menos de producción (25.4% disminución).

Es importante destacar que la línea de base acordada por la industria es el año 2019. La data generada para el año 2014 es utilizada como referencia histórica.

Respecto de la producción de clínker, ésta corresponde a los 3.377.988 para el año 2014 y 3.386.537 para el 2019, aumentando un 0.3% (8.549 toneladas).

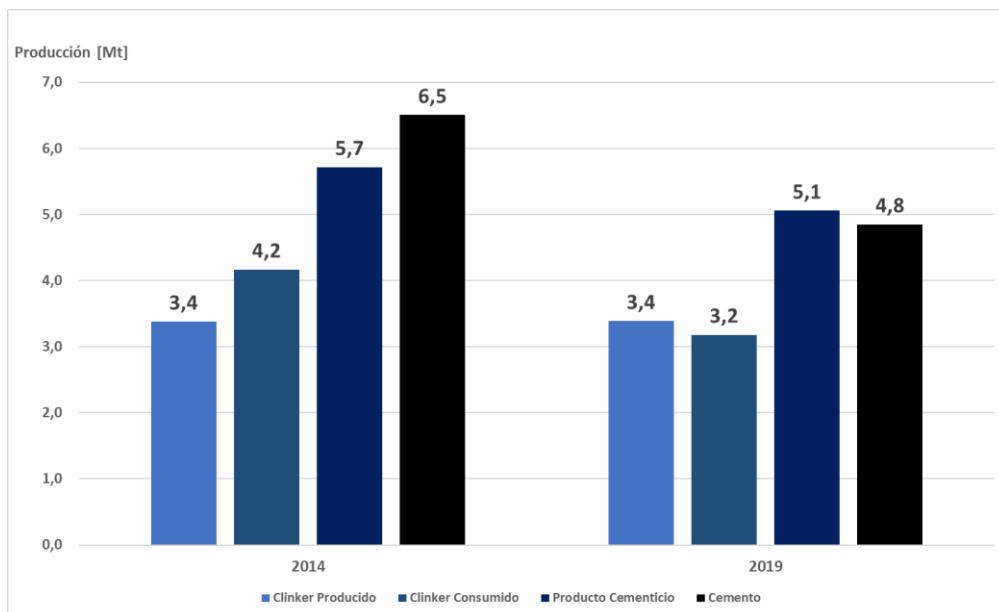
Al comparar el clínker producido versus el consumido, para el año 2014 se consumió 787.192 toneladas más de las producidas, esto puede ser por inventarios y/o ventas de clínker.

Para el año 2019, por el contrario, se produjo 1.669.644 toneladas más de clínker del que fue consumido; esto puede ser debido a compras externas para satisfacer la demanda interna.

También podemos apreciar que existen diferencias de cemento producidas por sobre el clínker consumido (2014 > 2.338.251 t; 2019 > 1.669.644 t). Esto se produce por las adiciones agregadas al cemento.

La siguiente gráfica muestra los principales indicadores de producción para los años 2014 y 2019:

**Figura 22:**  
**Principales Indicadores de producción años 2014 y 2019 en millones de toneladas por año.**



## 5.2.2 Emisiones de CO<sub>2</sub>: Producto cementicio, Clíker y Cemento

Conocer las emisiones de CO<sub>2</sub> en sus distintos alcances y orígenes es fundamental para determinar las trayectorias pasadas y futuras de estas emisiones. Contar con la información desagregada facilita analizar las tecnologías disponibles, costos e inversiones, para definir de mejor manera los potenciales de reducción existentes.

A continuación, se analizan las emisiones para la producción de producto cementicio, clíker y cemento, considerando el Alcance 1 (emisiones directas) y Alcance 2 (generación eléctrica externa), tal como lo define el WBCSD.

Además, con respecto al Alcance 1, este se analiza con base en las tres categorías de emisiones que establece el

Protocolo CSI 3.1, las cuales son: Emisiones Directas: son las emisiones provenientes de fuentes propias o controladas por la compañía. Las emisiones directas de CO<sub>2</sub> de la combustión de biomasa no se incluirán en el alcance 1, pero se reportarán separadamente, por ejemplo, como una nota.

Emisiones Brutas: son el total de emisiones directas de CO<sub>2</sub> de una planta o compañía, incluyendo el CO<sub>2</sub> de la parte fósil de los residuos usados como combustible, pero excluyendo biomasa y la emisión por generación eléctrica on-site.

Emisiones Netas: Emisiones brutas menos todo el CO<sub>2</sub> de la combustión de combustibles alternativos derivados de residuos.



Actividades aguas arriba

Compañía que informa

Actividades aguas abajo

Alcances para la estimación de emisiones

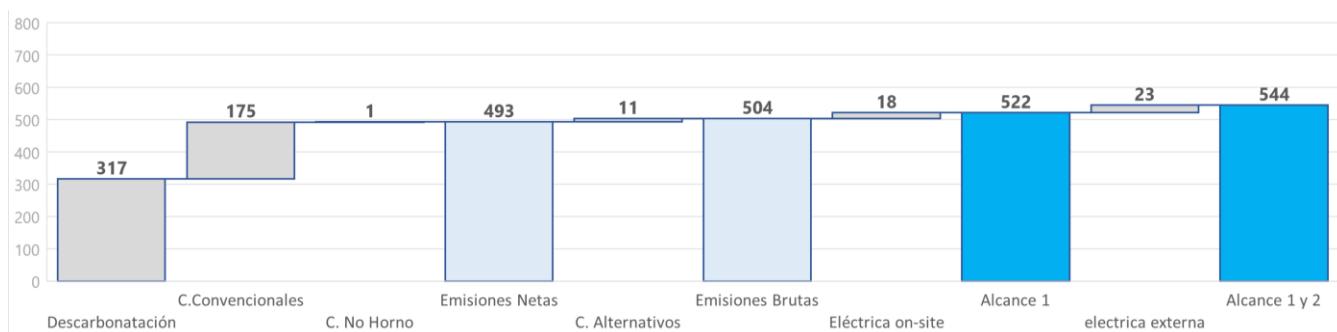
## CO<sub>2</sub> en la producción de producto cementicio años 2014 y 2019

El producto cementicio corresponde a la producción total de clíker, más la producción de los componentes minerales del cemento producido y sustitutos del cemento.

En la siguiente figura se observan las intensidades de emisión de CO<sub>2</sub> desagregadas para la producción de

producto cementicio para los años, 2014 y 2019. Cabe destacar que el indicador de emisiones de CO<sub>2</sub> cementicio son una de las principales referencias de las trayectorias definidas en Roadmap CSI 2018 y los Papers ECRA 2017.

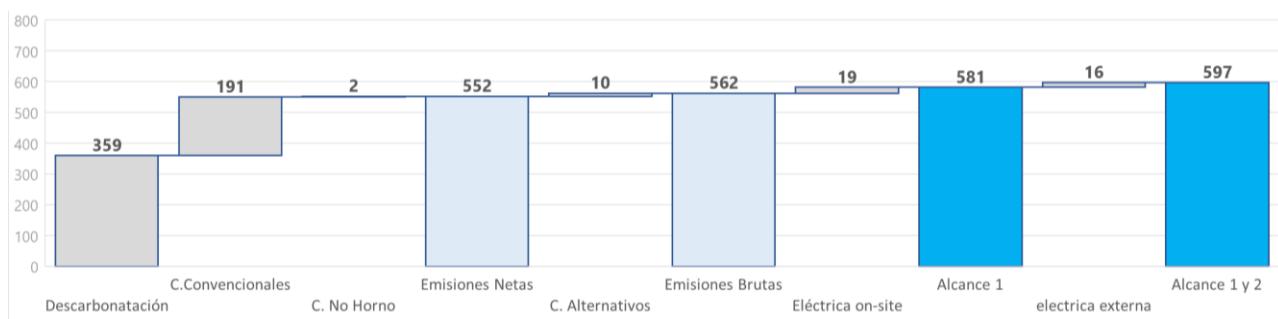
**Figura 23:**  
Emisiones CO<sub>2</sub> Cementicio (kgCO<sub>2</sub>/t cementicio) Ecuador, Alcances 1 y 2. Año 2014



**Tabla 4:**  
Emisiones de CO<sub>2</sub> Cementicio Alcances 1, 2 y Biomasa (no contabilizada). Año 2014

	kgCO <sub>2</sub> /t cementicio	Toneladas	Participación
Alcance 1	522	2.981.590	96%
Alcance 2	23	129.759	4%
Biomasa	13	71.453	2,3%

**Figura 24:**  
Emisiones CO<sub>2</sub> Cementicio (kgCO<sub>2</sub>/t cementicio) Ecuador, Alcances 1 y 2. Año 2019



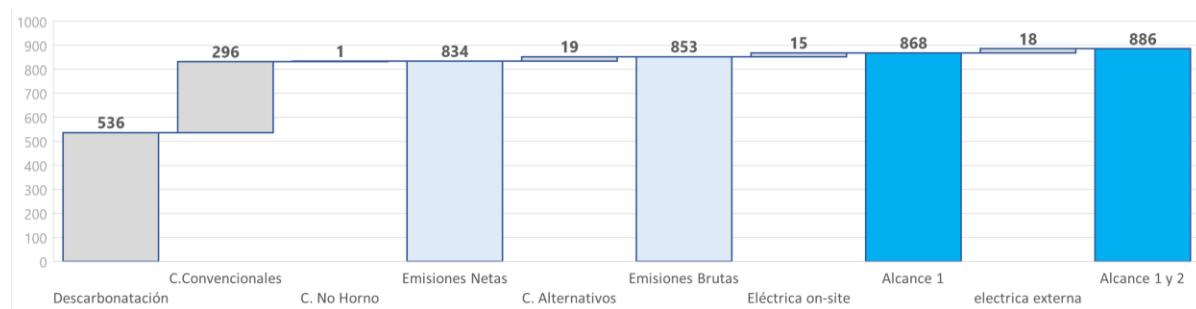
**Tabla 5:**  
Emisiones de CO<sub>2</sub> Cementicio Alcances 1, 2 y Biomasa (no contabilizada). Año 2019

	kgCO <sub>2</sub> /t cementicio	Toneladas	Participación
Alcance 1	581	2.817.000	97%
Alcance 2	16	78.169	3%
Biomasa	23	111.144	3,8%

## CO<sub>2</sub> en la producción de clínker años 2014 y 2019

En la siguiente figura se observan las emisiones desagregadas de la producción de clínker. El clínker corresponde a la producción total de clínker en hornos propios, independiente del uso o destino.

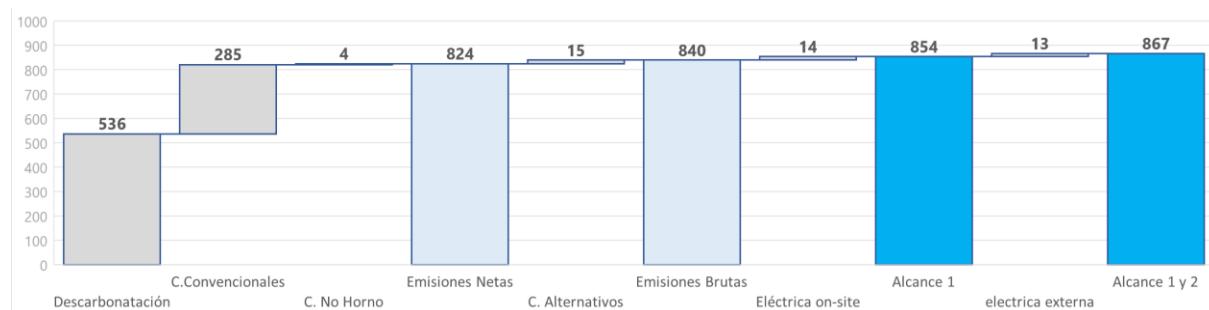
**Figura 25:**  
**Emisiones CO<sub>2</sub> Clínker (kgCO<sub>2</sub>/t Ck) Ecuador, Alcances 1 y 2. Año 2014**



**Tabla 6:**  
**Emisiones de CO<sub>2</sub> Clínker Alcances 1, 2 y Biomasa (no contabilizada). Año 2014**

	kgCO <sub>2</sub> /t clínker	Toneladas	Participación
Alcance 1	868	2.932.296	98%
Alcance 2	18	62.256	2%
Biomasa	21	71.478	2,4%

**Figura 26:**  
**Emisiones CO<sub>2</sub> Clínker (kgCO<sub>2</sub>/t Ck) Ecuador, Alcances 1 y 2. Año 2019**



**Tabla 7:**  
**Emisiones de CO<sub>2</sub> Clínker Alcances 1, 2 y Biomasa (no contabilizada). Año 2019**

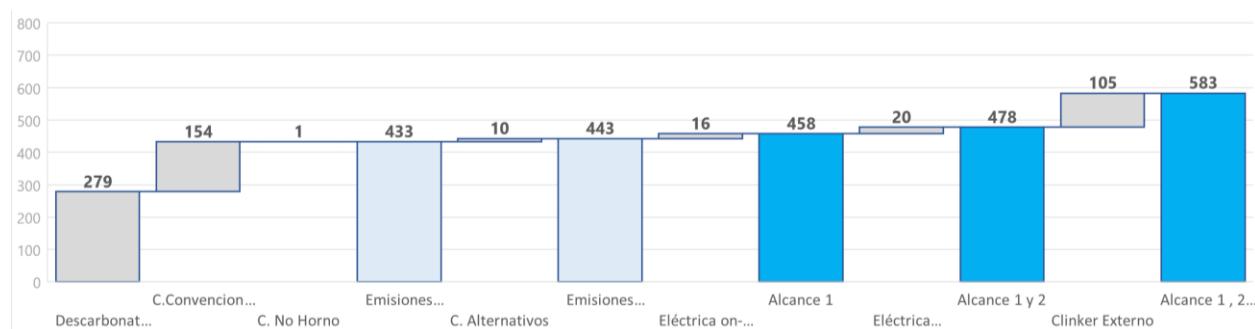
	kgCO <sub>2</sub> /t clínker	Toneladas	Participación
Alcance 1	854	4.140.202	99%
Alcance 2	13	62.991	1%
Biomasa	34,2	165.940	3,9%

## CO<sub>2</sub> en la producción de cemento años 2014 y 2019

Este indicador fue desarrollado por el sMRV FICEM y busca representar la huella de CO<sub>2</sub> del producto. En su Alcance 3, este indicador considera el aporte adicional de las emisiones de CO<sub>2</sub> del clínker externo, en la medida en que el clínker consumido sea mayor que el clínker producido.

En la siguiente figura se muestran las distintas categorías de intensidad de emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción de cemento, agrupadas por tipos (netas, brutas y directas) y por alcances 1, 2 y 3 de acuerdo con el sMRV FICEM.

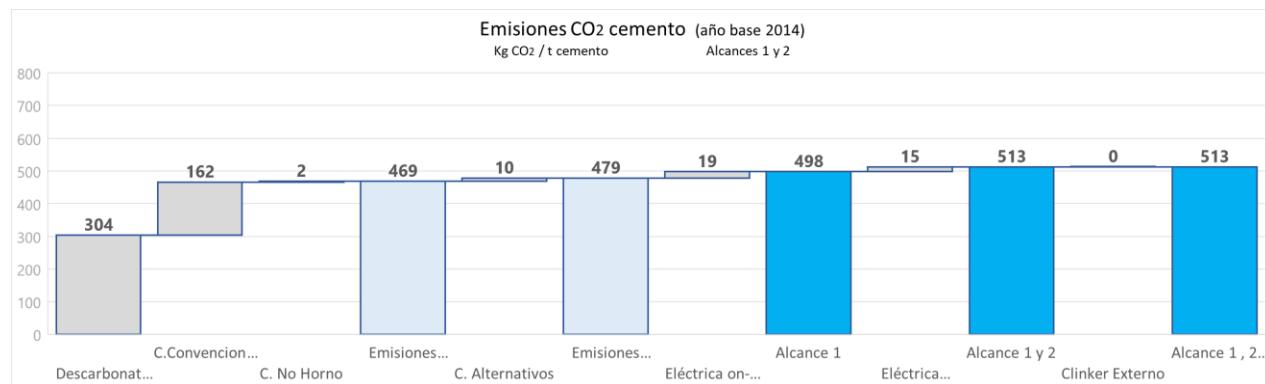
**Figura 27:**  
**Emisiones CO<sub>2</sub> Cemento (kgCO<sub>2</sub>/t Ck) Ecuador, Alcances 1 y 2. Año 2014**



**Tabla 8:**  
**Emisiones de CO<sub>2</sub> Cemento Alcances 1, 2 y Biomasa (no contabilizada). Año 2014**

	kgCO <sub>2</sub> /t clínker	Toneladas	Participación
Alcance 1	458	2.981.628	79%
Alcance 2	20	129.743	18%
Biomasa	11,3	73.489	1,9%

**Figura 28:**  
**Emisiones CO<sub>2</sub> Cemento (kgCO<sub>2</sub>/t Ck) Ecuador, Alcances 1 y 2. Año 2019**



**Tabla 9:**  
**Emisiones de CO<sub>2</sub> Cemento Alcances 1, 2 y Biomasa (no contabilizada). Año 2019**

	kgCO <sub>2</sub> /t clínker	Toneladas	Participación
Alcance 1	498	2.415.389	97%
Alcance 2	15	72.156	3%
Biomasa	20,3	98.633	3,9%

## 5.2.3 Reducción de Emisiones y Potencial de Reducción por ejes

Como resultado del Taller de Potencial de Reducción en Ecuador y la aplicación de la herramienta Calculadora FICEM (el módulo de los *papers* de la ECRA 2017 específicamente), se estimaron las reducciones de emisiones de CO<sub>2</sub> ya efectuadas por la industria del cemento ecuatoriana desde el año 1990 hasta el año base 2019 y el Potencial de Reducción al año 2030.

### Gráfico Reducción Emisiones CO<sub>2</sub> Producto Cementicio Netas y Brutas

Figura 29. Participación de cada paper aplicado

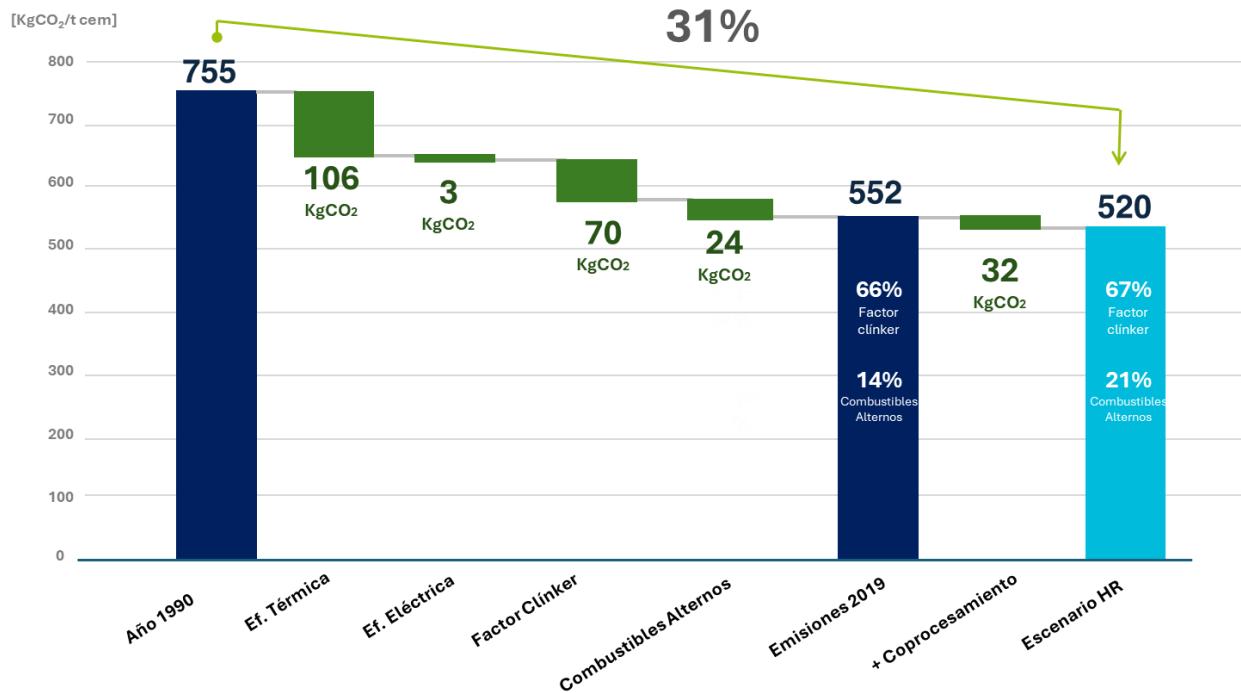


Figura 30. Porcentaje implementación de cada Paper y aplicado hasta el año 2019.

Los aportes de cada eje a las reducciones alcanzadas al año 2019, son: 52% por Eficiencia Térmica, seguido por 34% en el Factor Clínker, 12% en Combustibles y Materias Primas Alternativas y 2% en Eficiencia Eléctrica.

### Aplicación de Tecnologías para reducir CO<sub>2</sub> PAPERS-ECRA 2017

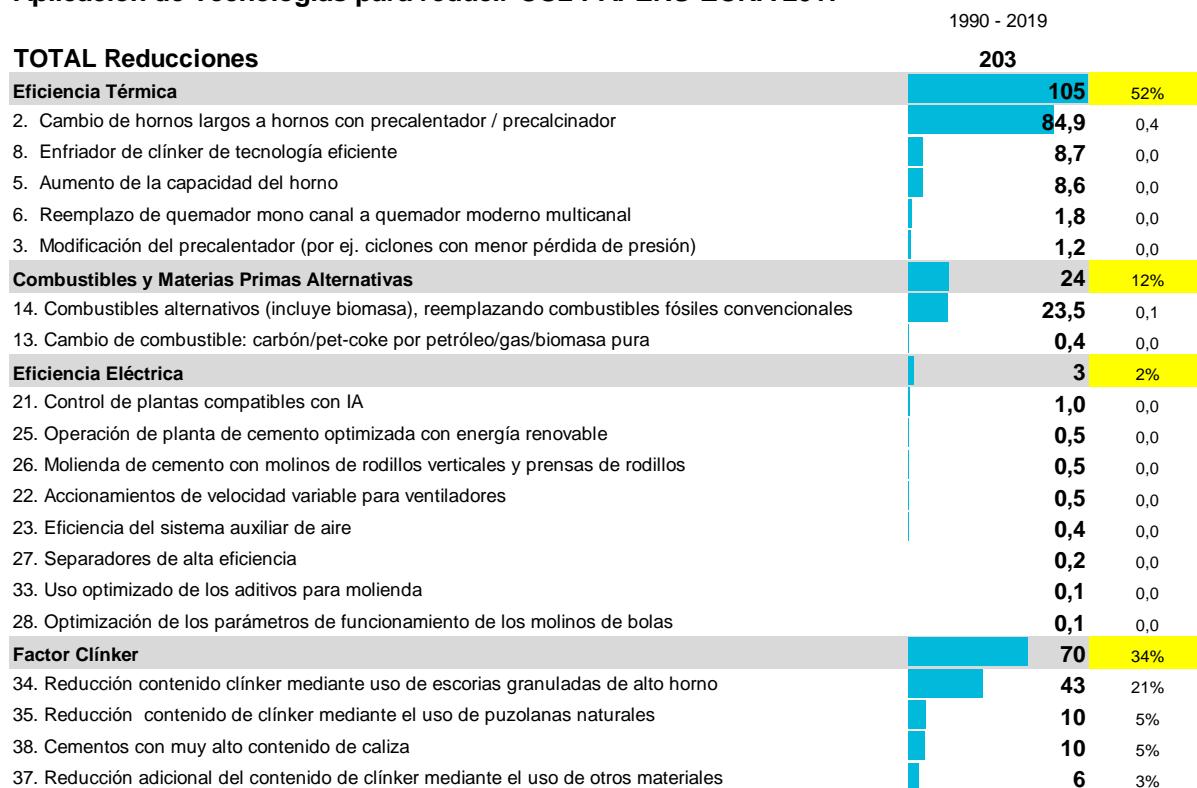
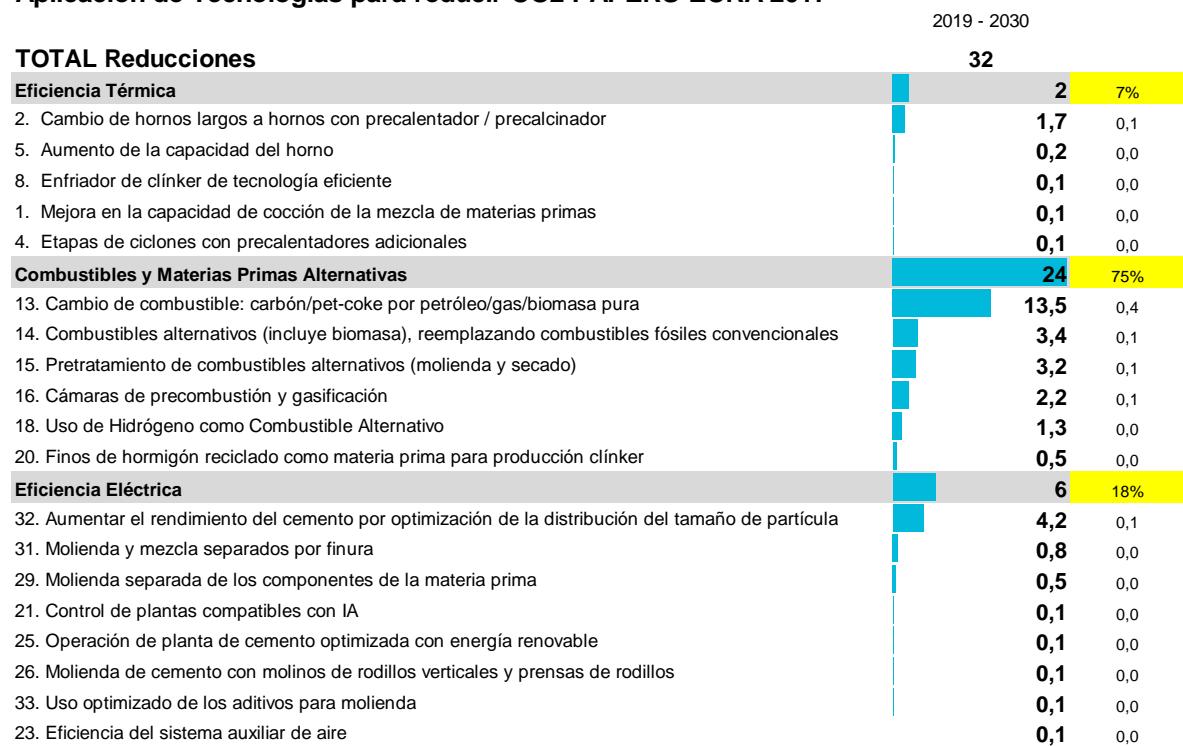


Figura 31. Porcentaje implementación de cada Paper y aplicado entre 2019 y 2030.

Los aportes de cada eje a las reducciones proyectadas al año 2030, son: 75% Combustibles y Materias Primas Alternativas, 18% en Eficiencia Eléctrica y 7% Eficiencia Térmica.

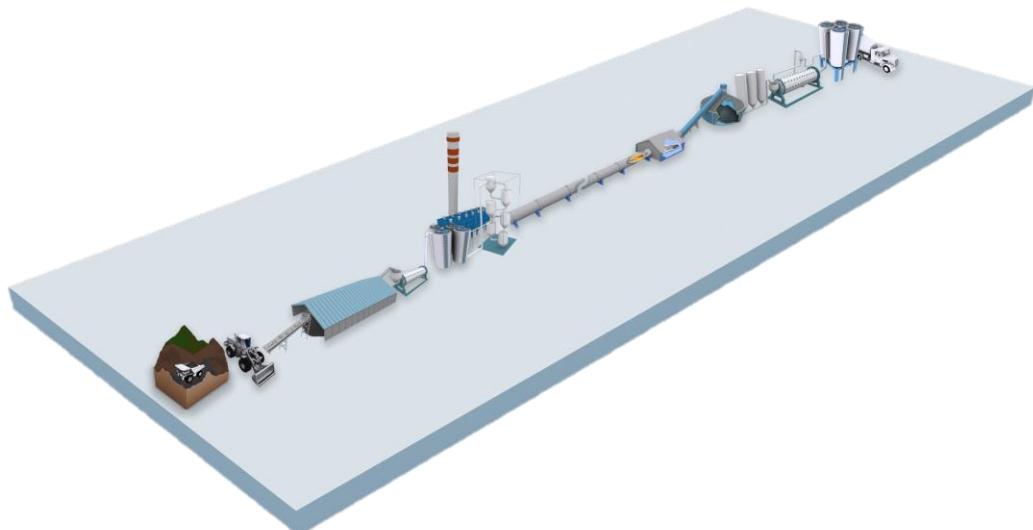
### Aplicación de Tecnologías para reducir CO<sub>2</sub> PAPERS-ECRA 2017



## 5.3 Análisis comparativo de los principales ejes HdR

De acuerdo con lo establecido en la Hoja de Ruta FICEM, los principales indicadores que se utilizaron para determinar la trayectoria de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción de cemento son: la intensidad de emisión de CO<sub>2</sub> en la producción de producto cementicio, el Factor Clínker, los Combustibles Alternativos, la Eficiencia Térmica y la Eficiencia Eléctrica. Estos indicadores son adicionales a los de producción de clínker, producto

cementicio y cemento, ya revisados previamente. Los ejes de captura y uso de CO<sub>2</sub> (CCU y CCS), no se consideraron en este documento por no existir estadísticas a nivel industrial en la región. A continuación, se realizan los análisis comparativos a partir de la información disponible en GNR y del Roadmap CSI 2018.



## Comparativo Emisiones Netas por unidad de producto cementicio Ecuador versus GNR

### Emisiones Netas Cementitious

Pais / Región	Kg CO <sub>2</sub> /t cementitio	Origen Data
Austria	419	GNR 2019
Alemania	472	GNR 2019
Polonia	490	GNR 2019
<b>Ecuador 2014</b>	<b>493</b>	HdR FICEM
<b>Argentina</b>	<b>530</b>	HdR FICEM
Brasil	536	HdR Independiente
<b>Ecuador 2019</b>	<b>552</b>	HdR FICEM
India	560	GNR 2019
Francia	565	GNR 2019
Latinoamérica	574	GNR 2019
Reino Unido	579	GNR 2019
<b>Chile</b>	<b>585</b>	HdR FICEM
<b>Colombia</b>	<b>600</b>	HdR FICEM
Central America	604	GNR 2019
Peru	607	HdR FICEM
<b>Mundo</b>	<b>608</b>	GNR 2019
República Dominicana	609	HdR FICEM
<b>Macrozona FICEM</b>	<b>612</b>	HdR FICEM
Asia (n.e.c.)/Oceania	638	GNR 2019
España	646	GNR 2019
China/Korea/Japan	657	GNR 2019
Tailandia	661	GNR 2019
CIS	686	GNR 2019
Middle East	707	GNR 2019
Egipto	713	GNR 2019
Estados Unidos	718	GNR 2019

Este indicador es considerado el más importante para comparar los factores de emisión de CO<sub>2</sub> para una planta de cemento, en él se representan las principales emisiones directas, en el cual no se consideran las emisiones derivadas de la generación eléctrica on-site ni de las emisiones de biomasa proveniente de los combustibles alternativos.

Este indicador se representa en kilogramos de CO<sub>2</sub> emitidos versus las toneladas de producto cementicio producido. En el caso de Ecuador, este indicador está en 552 kg CO<sub>2</sub>/t cementicio año 2019, ubicándose bajo la media mundial.

Es importante hacer notar que en este valor no se incluye el efecto del clínker externo, pues al considerarlo, las emisiones netas corresponden a 540 kgCO<sub>2</sub>/t cementicio, valor que se consideró como línea de base para las proyecciones al año 2030 y las reducciones alcanzadas desde el año 2019.

Ecuador se encuentra en una buena posición en relación con las emisiones globales, el Roadmap CSI 2018 establece que la producción de cemento mundial deberá tener un promedio de 520 kgCO<sub>2</sub>/t cementicio al 2030, y de 470 kgCO<sub>2</sub>/t cementicio al 2050, constituyendo un gran desafío de mediano y largo plazo para la industria mexicana. Por ejemplo, alcanzar los 520 kgCO<sub>2</sub>/t cementicio al 2030 implica una reducción de 6% con respecto a los valores 2019.

*Los 552 KgCO<sub>2</sub> /t cementicio de Emisiones Netas por unidad de producto cementicio de Ecuador se encuentran bajo la media mundial reportada en GNR 2019 (608 KgCO<sub>2</sub>/t cementicio).*

*Al 2030, este indicador está 32 KgCO<sub>2</sub>/t cementicio por sobre las metas del Technology Roadmap CSI (520 KgCO<sub>2</sub>/t cementicio de intensidad de emisión) En esta línea, es importante seguir investigando nuevas tecnologías para la mitigación de emisiones.*

## Comparativo Factor Clínker/Cemento Ecuador versus GNR

### Factor Clínker / Cemento

País/Región	% clínker	Origen Data
<b>Ecuador 2014</b>	<b>64%</b>	HdR FICEM
<b>Ecuador 2019</b>	<b>66%</b>	HdR FICEM
<b>Colombia</b>	<b>68%</b>	HdR FICEM
India	<b>68%</b>	GNR 2019
Brasil	<b>68%</b>	HdR Independ.
<b>Argentina</b>	<b>68%</b>	HdR FICEM
<b>Percentil 10 GNR</b>	<b>69%</b>	GNR 2019
Austria	<b>70%</b>	GNR 2019
<b>Chile</b>	<b>70%</b>	HdR FICEM
Integradas	<b>71%</b>	GNR 2019
Latinoamérica	<b>71%</b>	GNR 2019
Alemania	<b>72%</b>	GNR 2019
<b>Macrozona FICEM</b>	<b>72%</b>	GNR 2019
Central America	<b>72%</b>	GNR 2019
<b>República Dominicana</b>	<b>73%</b>	HdR FICEM
Moliendas	<b>73%</b>	GNR 2019
Sudamérica ex. Brazil	<b>74%</b>	GNR 2019
Polonia	<b>74%</b>	GNR 2019
Africa	<b>75%</b>	GNR 2019
<b>Planta Referencia GNR</b>	<b>75%</b>	GNR 2019
Peru	<b>76%</b>	HdR FICEM
<b>Mundo</b>	<b>76%</b>	GNR 2019
China/Korea/Japan	<b>77%</b>	GNR 2019
Francia	<b>77%</b>	GNR 2019
Europa	<b>77%</b>	GNR 2019
Asia (n.e.c.)/Oceania	<b>79%</b>	GNR 2019
España	<b>81%</b>	GNR 2019
Tailandia	<b>82%</b>	GNR 2019
Egipto	<b>84%</b>	GNR 2019
Middle East	<b>86%</b>	GNR 2019
Reino Unido	<b>88%</b>	GNR 2019
<b>Percentil 90 GNR</b>	<b>88%</b>	GNR 2019
North America	<b>88%</b>	GNR 2019
Estados Unidos	<b>89%</b>	GNR 2019

El Factor Clínker/Cemento se define como la razón entre la cantidad total de clínker consumido al año para producir cemento, independiente del origen del clínker, y la cantidad total de cemento producido al año.

De acuerdo con el Reporte, el Factor Clínker de Ecuador es el más bajo entre los países que reportaron el año 2019 (66%), no obstante, el año 2014 este factor fue menor (64%).

En relación con las mejores plantas reportadas en GNR (percentil 10) de este indicador, Ecuador está bajo estos valores globales.

Además, es importante destacar que este eje es responsable de casi el 37% de las reducciones totales proyectadas por CSI al año 2050, en donde cada punto de reducción equivale, aproximadamente, a una tonelada evitada de CO<sub>2</sub> por unidad de producto.

Este indicador no solo debe ser considerado en la producción de cemento, sino que también es relevante un análisis “aguas abajo” del uso del producto. Por ejemplo, si comparamos este indicador para Ecuador con Estados Unidos, se observa un evidente mejor desempeño. Sin embargo, al analizar este último mercado, el alto porcentaje de clínker en el cemento se relaciona a la fabricación del cemento Portland, y la posterior dosificación de adiciones en la producción de concreto, por lo cual el efecto de reducción de CO<sub>2</sub> se alcanza en otro punto del ciclo de vida del cemento. Es importante considerar esta experiencia dado que, a futuro, y debido a la demanda de cemento de alto desempeño, este tipo de tendencia también podría observarse en Ecuador.

*Si bien es cierto, el factor clínker es bajo en Ecuador, sería necesario evaluar las tecnologías determinadas por ECRA, las cuales pueden enfrentar las nuevas demandas de calidad sin incrementar significativamente la participación de clínker, por ejemplo, por medio de moliendas separadas de los componentes, o la producción de arcilla calcinada como adición al cemento.*

## Comparativo Coprocesamiento Ecuador versus GNR

El Coprocesamiento se define como la razón entre la cantidad total de energía térmica asociada a combustibles alternativos y biomasa utilizada al año, y la cantidad total de energía térmica utilizada al año considerando solo las plantas integradas.

### Coprocesamiento



En Ecuador, el Factor de Coprocesamiento es de un 12% para el año 2014 y mejorando al año 2019 con un 14%, lo que representa una oportunidad para seguir creciendo, pues estos niveles están bajo el promedio de Latinoamérica u otros países de la Región.

Ecuador se encuentra en el grupo de países o regiones con bajo promedio de coprocesamiento. Por ejemplo, Medio Oriente y República Dominicana no superan el 4%, y Sudamérica tiene un porcentaje de Coprocesamiento de 7%.

Los países de mejor desempeño superan ampliamente el 40%, destacándose Austria y Alemania con indicadores de 78% y 90% respectivamente.

Considerando que el 14% de Coprocesamiento se encuentra por debajo de la media mundial de GNR, y por debajo de las proyecciones de CSI 2030 y 2050 (17,5 y 30% respectivamente), existe un importante potencial de reducción para Ecuador en este eje de reducción. Además, no sólo aporta a la reducción de CO<sub>2</sub>, sino que también es una alternativa segura a la eliminación final de residuos mediante su valorización energética. Por ello, todas las Hojas de Ruta de la Industria del Cemento consideran este eje como prioritario dado su doble beneficio ambiental.

Se debe considerar que aumentar los niveles de coprocesamiento no solo depende de la industria. La experiencia internacional ha demostrado que la disponibilidad presente y futura de los residuos, los marcos regulatorios y los costos logísticos asociados, influyen significativamente en los niveles de coprocesamiento que se puedan alcanzar.

## Comparativo Consumo Térmico Ecuador versus GNR

### Eficiencia Térmica

País/Región	MJ / t clinker	Origen Data
India	3098	GNR 2019
China / Korea/Japan	3275	GNR 2019
Integradas	3330	GNR 2019
<b>Percentil 10 GNR</b>	<b>3334</b>	GNR 2019
Tailandia	3348	GNR 2019
Asia (n.e.c.)/Oceanía	3362	GNR 2019
<b>Peru</b>	<b>3398</b>	HdR FICEM
Medio East	3407	GNR 2019
República Dominicana	3440	HdR FICEM
<b>Mundo</b>	<b>3489</b>	GNR 2019
<b>Planta Referencia GNR</b>	<b>3510</b>	GNR 2019
<b>Macrozona FICEM</b>	<b>3515</b>	GNR 2019
Sudamérica ex. Brasil	3523	GNR 2019
España	3531	GNR 2019
Brasil	3538	HdR Indep.
<b>Ecuador 2019</b>	<b>3585</b>	HdR FICEM
Latinoamérica	3589	GNR 2019
<b>Argentina</b>	<b>3622</b>	HdR FICEM
África	3673	GNR 2019
Polonia	3680	GNR 2019
Central América	3695	GNR 2019
Europea	3717	GNR 2019
Reino Unido	3815	GNR 2019
Alemania	3817	GNR 2019
<b>Ecuador 2014</b>	<b>3828</b>	HdR FICEM
North América	3856	GNR 2019
Egipto	3865	GNR 2019
Austria	3882	GNR 2019
Estados Unidos	3884	GNR 2019
<b>Percentil 90 GNR</b>	<b>3884</b>	GNR 2019
<b>Colombia</b>	<b>3885</b>	HdR FICEM
<b>Chile</b>	<b>3887</b>	HdR FICEM
Francia	3905	GNR 2019

El Consumo Térmico se define como la razón entre el consumo térmico total en horno de todas las plantas integradas de un país o Macrozona, y la cantidad total de clínker producido. El Consumo Térmico promedio de Ecuador oscila entre los 3585 MJ/t Clínker para el año 2019 y 3828 MJ/t Clínker para el año 2014, indicador aplicable sólo a las Plantas Integradas.

En la siguiente figura se compara el consumo térmico de Ecuador con países y regiones reportados en GNR.

Ecuador tiene un Consumo Térmico dentro del promedio global para el año 2019 y menor que otros países de la región.

Se debe tener en cuenta que la implementación de otros ejes de reducción, como coprocesamiento, pueden aumentar el consumo de energía térmica. Por ejemplo, un mayor uso de combustibles alternativos, con un contenido calórico generalmente más bajo, resulta en un aumento de la demanda de energía térmica específica de Clínker (se proyecta en el roadmap CSI que un aumento de 24 puntos de coprocesamiento reducirían la eficiencia térmica en 110 MJ / t clínker a nivel mundial al 2050).

Las inversiones asociadas no se justifican exclusivamente para reducir CO<sub>2</sub>, debido al alto nivel de inversiones y al bajo impacto en la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>.

*El Consumo Térmico de Ecuador (3585 MJ/t Clínker) se encuentra por encima de la Planta de Referencia de GNR 2019. Cabe destacar que el Percentil 10 de GNR es de 3334 MJ/t.*

*Este nivel de consumo térmico se encuentra por sobre las metas del Technology Roadmap CSI 2030 y 2050 (3300 y 3100 MJ/t clinker, respectivamente).*

*Este eje es clave en los potenciales al año 2030, como resultado de la modernización de hornos y el uso de materias primas descarbonatadas.*

## Comparativo Consumo Eléctrico Ecuador versus GNR

### Eficiencia Eléctrica

Pais/Región	kWh/ton cemento	Origen Data
India	73	GNR 2019
<b>Ecuador 2014</b>	<b>90</b>	HdR FICEM
Asia (n.e.c.)/Oceania	94	GNR 2019
<b>República Dominicana</b>	<b>98</b>	GNR 2019
<b>Percentil 10 GNR</b>	<b>99</b>	GNR 2019
China/Korea/Japan	99	GNR 2019
Macrozona FICEM	100	GNR 2019
Sudamérica ex. Brazil	101	GNR 2019
Argentina	101	HdR FICEM
Colombia	101	HdR FICEM
<b>Mundo</b>	<b>102</b>	GNR 2019
Africa	102	GNR 2019
<b>Planta Referencia GNR</b>	<b>104</b>	GNR 2019
Tailandia	104	GNR 2019
Polonia	105	GNR 2019
Latinoamérica	106	GNR 2019
<b>Ecuador 2019</b>	<b>106</b>	HdR FICEM
Brasil	108	HdR Independ.
Centroamérica	108	GNR 2019
Middle East	110	GNR 2019
<b>Perú</b>	<b>110</b>	HdR FICEM
Austria	113	GNR 2019
Alemania	114	GNR 2019
Egipto	115	GNR 2019
Reino Unido	116	GNR 2019
Europa	116	GNR 2019
Francia	122	GNR 2019
Estados Unidos	135	GNR 2019
<b>Percentil 90 GNR</b>	<b>136</b>	GNR 2019
Norte América	136	GNR 2019
<b>Chile</b>	<b>137</b>	HdR FICEM
España	150	GNR 2019

El Consumo Eléctrico se define como la suma del consumo eléctrico de la producción de la parte de clíker que se utiliza para producir cemento, y el consumo eléctrico en usos no clíker, todo dividido por la producción de cemento de la planta.

El Consumo Eléctrico de Ecuador para plantas integradas fluctúa entre los 90 kWh/t cemento año 2014 y los 106 kWh/t cemento en el año 2019.

En la siguiente figura se compara el consumo eléctrico de Ecuador con países y regiones reportados en GNR para el año 2019.

De acuerdo con la figura, podemos mencionar que: Ecuador en el año 2019 tiene un Consumo Eléctrico (106 kWh/t cemento) que se encuentra levemente sobre el promedio de la planta de referencia de GNR Latinoamérica (104 kWh/t cemento).

**Ecuador posee un Consumo Eléctrico (106 kWh/t cemento) que se encuentra levemente sobre la planta de referencia de GNR 2019 (104 kWh/t cemento), y en línea con el promedio de Latinoamérica.**

**De acuerdo CSI, este eje tiene aportes relevantes a las reducciones de CO<sub>2</sub> al año 2030, impulsando el consumo de energía eléctrica proveniente de fuentes de bajo nivel de emisiones de CO<sub>2</sub>.**

En resumen, con relación a los principales puntos analizados en el presente capítulo, podemos indicar que:

La industria del cemento deberá seguir posicionando al cemento como el material de construcción con mayor resiliencia para la necesaria adaptación a los efectos del cambio climático que se requiere en Ecuador, dado que la Adaptación ha sido considerada como prioritaria en todas las políticas climáticas de este país.

Ejemplo de lo anterior, son las necesidades de vivienda e infraestructura vial de Ecuador, desafíos en los cuales la Industria del Cemento puede contribuir con su experiencia y conocimiento en los códigos y diseños de construcción sostenible, como también la infraestructura que será necesaria para enfrentar los impactos climáticos proyectados por efectos del cambio climático.

Destacamos la significativa reducción alcanzada en la intensidad de emisiones netas de CO<sub>2</sub> en la producción de cemento en Ecuador al año 2014: 27% con relación al año 1990. Lo anterior, fue logrado, principalmente, por las acciones efectuadas en los ejes Eficiencia Térmica y Factor Clíker, El Potencial de Reducción al año 2030 se proyecta en un 6% (emisiones netas) como propuesta de la industria y condicionada por los marcos regulatorios y las políticas públicas. Este Potencial se encuentra enfocado principalmente en el eje Combustibles Alternativos.

La industria del cemento deberá seguir impulsando el Coprocesamiento y el uso de biomasa, por ser uno de sus principales ejes disponibles para seguir reduciendo emisiones de CO<sub>2</sub>.

Además, el Coprocesamiento genera el doble beneficio ambiental de la reducción de CO<sub>2</sub> y el aprovechamiento seguro de residuos. Por ello, la industria del cemento debe seguir apoyando la aprobación de marcos normativos que fomenten el coprocesamiento como un mecanismo esencial para el desarrollo de la economía circular.

Otra de las ventajas de la construcción en cemento es el aporte a las reducciones de GEI indirectas debido a la durabilidad (por ejemplo: carreteras) y eficiencia térmica (por ejemplo: viviendas), que, además, contribuyen a mejorar la calidad de vida.

Se debe considerar la interacción entre los ejes en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, en donde no siempre existe adicionalidad. Por ejemplo, (1) incrementar la actividad del coprocesamiento puede significar pérdidas en la eficiencia térmica; e (2) aumentar el uso de adicionales tales como escoria pueden implicar un mayor consumo eléctrico.

Todos estos análisis se basan en la aplicación del sMRV y Calculadora FICEM que aportan a la confiabilidad y representatividad de la información.

6

## Acciones y Compromisos

1. Implementar las acciones necesarias para alcanzar un nivel de emisiones netas de 520 Kg CO<sub>2</sub> por tonelada de cementicio al año 2030.
2. Promover los marcos regulatorios que permitan alcanzar el 21% de Coprocesamiento comprometido por la industria al año 2030.
3. Incentivar la aceptación del mercado, para mantener los niveles del contenido de clínker en el cemento bajo el 68% al año 2030, tomando en cuenta los compromisos establecidos en la NDC del Ecuador del año 2019, que considera la sustitución del clínker por otras adiciones.
4. Incentivar el uso de cementos bajos en carbono, tanto en el ámbito público, como el privado, promoviendo la aplicación o actualización de las normas respectivas relacionadas con la industria y uso del producto
5. La industria del cemento de Ecuador se compromete a liderar las acciones necesarias para alcanzar los objetivos definidos en esta Hoja de Ruta, apoyando a las partes interesadas que correspondan, mediante la investigación, capacitación y seguimiento requeridos.
6. Además del factor clínker y coprocesamiento, enfatizar los esfuerzos en otros ejes de reducción, como el incremento de la eficiencia energética, la inversión en activos ambientales que capturen CO<sub>2</sub>, entre otros.
7. Desarrollar y mantener un sistema y una base de datos de monitoreo, reporte y verificación del sector del cemento (MRV) compatible con el estándar IPCC-2006.

7

# Referencias Bibliográficas

## Referencias Bibliográficas

- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, CMNUCC, Acuerdo de París, 2015
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, CMNUCC, 1992
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, CMNUCC, Manual, 2006
- CO2 and Energy Accounting and Reporting Standard for the Cement Industry, 2011, World Business Council for Sustainable Development, WBCSD, 2011.
- Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero del 2006, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC, 2006
- FICEM Hoja de Ruta CO<sub>2</sub>, 2017: Hacia una Economía baja en Carbono, Federación Interamericana del Cemento, 2017.
- The GCCA 2050 Cement and Concrete Industry Roadmap for Net Zero Concrete, GCCA, 2021
- Getting the Numbers Right, The Cement Sustainability Initiative, CSI, Cement Industry Energy and CO<sub>2</sub> Performance, 2020
- Guía de buenas prácticas para la adaptación de las carreteras al clima CAF, Banco de Desarrollo de América Latina, CAF, 2018
- "Low Carbon Technology Partnerships initiative - Cement", Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible, WBCSD, 2015
- <http://docs.wbcsd.org/2015/11/LCTPi-Cement-Report.pdf>
- MRV 101: Understanding Measurement, Reporting, and Verification of Climate Change Mitigation, World Resources Institute, WRI, 2016
- Papers Tecnológicos, Academia Europea para Investigación del Cemento, ECRA 2017
- Protocolo de Gases Efecto Invernadero, World Business Council for Sustainable Development, WBCSD / World Resources Institute, WRI, 2001
- Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC, 2013
- Technology Roadmap de CSI: Transición a una Industria del cemento baja en carbono, Iniciativa para la Sustentabilidad del Cemento, CSI, 2018
- Estadísticas Sector Eléctrico Ecuador, Ministerio Energía y Recursos Naturales
- Inventario Nacional GEI Ecuador, Ministerio Medio Ambiente
- Estrategia Nacional de Cambio Climático Ecuador (ENCC 2012-2025)
- Plan Nacional del Buen Vivir Ecuador (2017)
- Contribuciones Nacionalmente Determinadas Ecuador (NDC, 2019)
- Norma Técnica que Establece el Esquema de Compensación Emisiones Gases Efecto Invernadero del Ecuador (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2023)

# 8

# Anexos

## ANEXO 1: Cumplimiento Pasos Hoja de Ruta FICEM

De acuerdo a lo indicado en la Introducción del presente Documento, se estableció la necesidad de la industria de cemento del Ecuador, de contar con una hoja de ruta que permita establecer acciones, metas, objetivos y actividades claras para el logro de los objetivos de reducción de emisiones en línea con los ejes globales en esta materia; identificando las oportunidades y recursos para implementar esta Hoja de Ruta Ecuador-FICEM, en conjunto con el Instituto Ecuatoriano del Cemento y Concreto (INECYC) y las Compañías productoras de Cemento.

Una vez determinado lo anterior, y definido el desarrollo de esta Hoja de Ruta, cada Compañía procedió a informar a la Entidad Externa Verificadora (PwC Chile), toda la data relevante de cada una de sus plantas, de acuerdo al Protocolo GCCA de CO<sub>2</sub> y Energía, a fin de contar con información veraz, cuantificable y validada de su producción, emisiones, consumo de energía, entre otros, cumpliendo cabalmente las disposiciones del sMRV FICEM, en cuanto a seudonomización, verificación y validación de la data. A través de este

proceso, es posible determinar una línea de base de la información y poder proyectar las emisiones y posibles reducciones de acuerdo a los principales ejes en esta materia (Coprocesamiento y Factor Clínker).

Asimismo, se realizó, a través de Talleres vía telemática con las Compañías participantes, entre los meses de Abril y Mayo del año 2023, la evaluación de las tecnologías que se han aplicado en la industria del país, y la proyección a futuro de estas mismas tecnologías, de acuerdo a los Documentos Tecnológicos ECRA. Con ellos fue posible determinar cuál de ellas han sido más influyentes en la reducción de emisiones históricamente y cuáles serían a futuro aquellas que mayor preponderancia tendrían en el cumplimiento de los objetivos.

Con todos estos elementos, se desarrolló la Hoja de Ruta Ecuador-FICEM, estableciendo acciones y compromisos claros y precisos a fin de aportar a la reducción de emisiones de parte de la industria del cemento nacional.

## Anexo 2: Informe del Auditor y Reportes Ecuador 2014, 2019



### **INFORME DE SEGURIDAD LIMITADA DEL PROFESIONAL INDEPENDIENTE SOBRE EL REPORTE PAÍS 2014 Y 2019 DE ECUADOR**

Santiago, 24 de abril de 2023

Señores Accionistas y Directores  
Federación Interamericana del Cemento (FICEM)

#### *Alcance*

Hemos realizado una revisión de seguridad limitada del "Reporte País Ecuador 2014 y 2019" proporcionado por FICEM por los años terminados al 31 de diciembre de 2014 y 2019 y que forma parte de la Hoja de Ruta de CO<sub>2</sub> de la industria cementera del país. Este compromiso fue realizado por un equipo multidisciplinario que incluye profesionales de aseguramiento e ingenieros ambientales.

#### *Responsabilidad de FICEM*

La Administración de FICEM es responsable por la presentación del "Reporte País Ecuador 2014 y 2019" de acuerdo a los criterios establecidos en el "Protocolo de Procesamiento, Consolidación y Validación de Datos FICEM". Esta responsabilidad incluye el diseño, implementación y mantenimiento del control interno relevante para la preparación de indicadores libres de incorrección material, ya sea por fraude o error.

La cuantificación de los indicadores de CO<sub>2</sub> está sujeta a una incertidumbre inherente debido al conocimiento científico incompleto utilizado para determinar los factores de emisión y los valores necesarios para combinar las emisiones de diferentes gases.

#### *Independencia*

Hemos realizado nuestro trabajo de acuerdo con las normas de independencia y requisitos éticos internacionales del International Code of Ethics for Professional Accountants emitidas por el International Ethics Standards Board for Accountants (IESBA), así como de acuerdo con las Normas de independencia y requisitos éticos locales requeridos por el Colegio de Contadores de Chile

Nuestra firma mantiene un sistema de control de calidad robusto que incluye políticas y procedimientos documentados sobre el cumplimiento de requerimientos éticos, estándares profesionales y requerimientos legales y regulatorios aplicables.

#### *Responsabilidad del auditor*

Nuestra responsabilidad consiste en expresar una conclusión de seguridad limitada sobre el "Reporte País Ecuador 2014 y 2019", basada en los procedimientos que hemos realizado y la evidencia que hemos obtenido.

PwC Chile, Av. Andrés Bello 2711 - piso 5, Las Condes – Santiago, Chile  
RUT: 81.513.400-1 | Teléfono: (56 2) 2940 0000 | [www.pwc.cl](http://www.pwc.cl)



Santiago, 24 de abril de 2023  
Federación Interamericana del Cemento (FICEM)  
2

Nuestra revisión fue efectuada de acuerdo con la Norma International Standard on Assurance Engagements Other than Audits or Reviews of Historical Financial Information (ISAE 3000) de la Federación Internacional de Contadores y las Normas de Atestiguación emitidas por el Colegio de Contadores de Chile A.G. Tales normas requieren que planifiquemos y realicemos la revisión con el objeto de lograr una seguridad limitada respecto de si cualquier modificación significativa debiera realizarse al Informe País Ecuador 2014 y 2019 para que éste esté de acuerdo con el "Protocolo de Procesamiento, Consolidación y Validación de Datos FICEM". Además, implica evaluar la idoneidad en las circunstancias del uso por parte de FICEM del "Protocolo de Procesamiento, Consolidación y Validación de Datos FICEM" como base para la preparación del Informe País Ecuador 2014 y 2019, evaluando los riesgos de incorrección material de dichos indicadores ya sea por fraude o error, respondiendo a los riesgos evaluados según sea necesario en las circunstancias, y evaluando la presentación general del informe país.

Una revisión de seguridad limitada tiene un alcance sustancialmente menor al de un examen, cuyo objetivo es lograr un razonable grado de seguridad respecto de si el Informe País Ecuador 2014 y 2019 está de acuerdo con el "Protocolo de Procesamiento, Consolidación y Validación de Datos FICEM", en todos sus aspectos significativos, para así poder expresar una opinión. En consecuencia, no expresamos tal tipo de opinión. Consideramos que nuestra revisión nos proporciona una base razonable para nuestra conclusión.

Los procedimientos que realizamos se basaron en nuestro juicio profesional e incluyeron la constatación del cumplimiento de las etapas del "Protocolo de Procesamiento, Consolidación y Validación de Datos FICEM" que consisten en recibir la información de cada Compañía bajo los estándares de confidencialidad y seguridad necesarios, validar el formato de presentación y suficiencia de los antecedentes aportados por las plantas en la Planilla CSI Cement CO<sub>2</sub> and Energy Protocol Versión 3.1, seudonimizar los datos o nombres propios que puedan permitir la identificación individual de una planta y Compañía, recibir la información ponderada por parte de FICEM y validar si los indicadores de producción, técnicos y de emisión de CO<sub>2</sub> incluidos en el Informe País Ecuador 2014 y 2019 se generaron a partir de los números basales que PwC recibió de las distintas plantas.

Como parte de nuestra revisión, se consideraron las siguientes compañías con sus respectivas plantas:

- UNACEM: Planta Otavalo
- UCEM: Planta Guapan
- UCEM: Planta Chimborazo
- HOLCIM: Planta Guayaquil
- HOLCIM: Planta Latacunga

Nuestro trabajo no incluyó una revisión de los sistemas informáticos que utiliza FICEM para generar y consolidar la información necesaria para los cálculos incluye el Informe País.



Santiago, 24 de abril de 2023  
Federación Interamericana del Cemento (FICEM)  
3

*Conclusión*

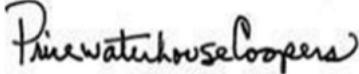
Con base en los procedimientos que hemos realizado y la evidencia que hemos obtenido, nada ha llamado nuestra atención que nos haga creer que el Informe País Ecuador 2014 y 2019 de FICEM para los años terminados al 31 de diciembre de 2014 y 2019, no esté preparado, en todos los aspectos materiales, de acuerdo con el “Protocolo de Procesamiento, Consolidación y Validación de Datos FICEM”.

*Uso restringido*

Este informe es únicamente para la información y uso exclusivo de FICEM y no pretende ser y no debiera ser utilizado por ninguna otra parte distinta de las partes especificadas.

DocuSigned by:

  
12305B69BAF4485...  
Gonzalo Riederer H.  
RUT: 13.757.157-9



## Reporte País

País	Ecuador
Año datos	2014
Reporte:	sMRV FICEM   016   EC   2014
Fecha reporte	miércoles, 22 de febrero de 2023
Nº de plantas	5

## I. Producción

### Cemento

1. Cemento Producido	6.503.431	ton cemento/año
2. Cementitious Producido	5.716.239	ton cementitious/año

### Clinker

1. Producido	3.377.988	ton Clinker/año
2. Comprado	814.653	ton Clinker/año
3. Vendido	0	ton Clinker/año
4. Transferido	0	ton Clinker/año
5. Variación de stock	27.461	ton Clinker/año
6. Consumido	4.165.180	ton Clinker/año

## II. Indicadores Técnicos

	Promedio ponderado	Mínimo	Máximo	%
<b>1. Factor Clinker</b>	<b>64%</b>	<b>60%</b>	<b>72%</b>	<b>%</b>
<b>2. Consumo Térmico Plantas Integradas</b>	<b>3.828</b>	<b>3.568</b>	<b>4.803</b>	<b>MJ/ton Clinker</b>
<b>3. Coprocesamiento</b>	<b>11,6%</b>	<b>0,0%</b>	<b>26,0%</b>	<b>%</b>
Factor Emisión Promedio Combustibles	82	73	88	Kg CO <sub>2</sub> /GJ
<b>4. Consumo Eléctrico (todas las plantas)</b>	<b>90</b>			
Plantas Integradas	98	91	112	KWh/ton cemento
Moliendas	34	34	34	
Factor Emisión Red Eléctrica	297	197	708	Kg CO <sub>2</sub> /MWh

Informe

sMRV FICEM | 016 | EC | 2014

Generado con

Calculadora CO<sub>2</sub> FICEM de acuerdo al "Protocolo de procesamiento, agregación y validación de datos FICEM" disponible en [www.ficem.org](http://www.ficem.org)



Página 1 de 2

## Reporte País

País	Ecuador
Año datos	2014
Reporte:	sMRV FICEM   016   EC   2014
Fecha reporte	miércoles, 22 de febrero de 2023
Nº de plantas	5

### III. Emisión Específica CO<sub>2</sub>

Alcance 1			KgCO <sub>2</sub> /ton clinker	Kg CO <sub>2</sub> /ton cementitious	KgCO <sub>2</sub> /ton cemento
DI	B	N	1. Descarbonatación	536,36	316,96
R	R	E	2. Combustibles convencionales	296,44	175,18
E	U	T	horno		153,98
C	A	S	3. Combustibles fuera de horno	1,37	0,81
T			4. Combustibles alternativos horno	18,65	11,02
A			5. Combustible gen. elec. on-site	15,24	15,50
S			6. Combustible Biomasa (CO <sub>2</sub> neutral)	21,16	12,50
			Netas	834,17	492,95
			Brutas	852,82	503,97
			Absolutas directas	868,06	521,60
					458,47
			Alcance 2	Electricidad Externa	18,43
					22,70
					19,95
			Alcance 3	Clinker Externo	NA
					NA
					104,70
			Factor emisión: 865 KgCO <sub>2</sub> /ton clinker		
			Alcance 1 + Alcance 2 + Alcance 3	886,50	544,30
					583,12

Informe

sMRV FICEM | 016 | EC | 2014

Generado con

Calculadora CO<sub>2</sub> FICEM de acuerdo al "Protocolo de procesamiento, agregación y validación de datos FICEM" disponible en [www.ficem.org](http://www.ficem.org)



OMNISCIEN

Página 2 de 2

## Reporte País

País	Ecuador
Año datos	2019
Reporte:	sMRV FICEM   017   EC   2019
Fecha reporte	miércoles, 22 de febrero de 2023
Nº de plantas	5

## I. Producción

### Cemento

1. Cemento Producido	4.849.204	ton cemento/año
2. Cementitious Producido	5.056.181	ton cementitious/año

### Clinker

1. Producido	3.386.537	ton Clinker/año
2. Comprado	32.853	ton Clinker/año
3. Vendido	147.504	ton Clinker/año
4. Transferido	0	ton Clinker/año
5. Variación de stock	92.326	ton Clinker/año
6. Consumido	3.179.560	ton Clinker/año

## II. Indicadores Técnicos

	Promedio ponderado	Mínimo	Máximo	
1. Factor Clinker	66%	62%	70%	%
2. Consumo Térmico Plantas Integradas	3.585	3.201	4.453	MJ/ton Clinker
3. Coprocesamiento	14,3%	0,0%	31,0%	%
Factor Emisión Promedio Combustibles	84	75	94	Kg CO <sub>2</sub> /GJ
4. Consumo Eléctrico (todas las plantas)	106			
Plantas Integradas	114	98	137	KWh/ton cemento
Moliendas	35	35	35	
Factor Emisión Red Eléctrica	215	197	451	Kg CO <sub>2</sub> /MWh

Informe

sMRV FICEM | 017 | EC | 2019

Generado con

Calculadora CO<sub>2</sub> FICEM de acuerdo al "Protocolo de procesamiento, agregación y validación de datos FICEM" disponible en [www.ficem.org](http://www.ficem.org)



OMNISCIEN

Página 1 de 2

## Reporte País

País	Ecuador
Año datos	2019
Reporte:	sMRV FICEM   017   EC   2019
Fecha reporte	miércoles, 22 de febrero de 2023
Nº de plantas	5

### III. Emisión Específica CO<sub>2</sub>

Alcance 1			KgCO <sub>2</sub> /ton clinker	Kg CO <sub>2</sub> /ton cementitious	KgCO <sub>2</sub> /ton cemento		
DI R E C T A S	B E A S	N E T A S	1. Descarbonatación	536,36	359,24		
			2.Combustibles convencionales horno	284,55	190,59		
			3. Combustibles fuera de horno	3,56	2,39		
			4. Combustibles alternativos horno	15,09	10,11		
			5. Combustible gen. elec. on-site	14,23	18,59		
			6. Combustible Biomasa (CO <sub>2</sub> neutral)	34,22	22,92		
Netas			824,47	552,22	468,96		
Brutas			839,57	562,33	478,70		
Absolutas directas			853,79	580,92	498,09		
Alcance 2	Electricidad Externa		12,99	16,12	14,88		
Alcance 3	Clinker Externo		NA	NA	0,00		
Factor emisión: 865 KgCO <sub>2</sub> /ton clinker							
<b>Alcance 1 + Alcance 2 + Alcance 3</b>			866,78	597,04	512,97		

