

HOJA DE RUTA CHILE

INDUSTRIA DEL CEMENTO



HACIA UNA ECONOMÍA BAJA EN CARBONO

ABRIL 2019

Tabla de Contenidos

5	Introducción
9	1. Antecedentes Generales
45	2. Medición, Reporte y Verificación
59	3. Hoja de Ruta FICEM
75	4. Chile y el Cambio Climático
89	5. Elaboración Hoja de Ruta FICEM-CHILE
115	6. Compromisos de la Industria

Introducción

La Federación Interamericana del Cemento (FICEM), en conjunto con el Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile (ICH), han desarrollado la Hoja de Ruta Chile-FICEM: “hacia una economía baja en carbono” para la producción de cemento en Chile. Para lo anterior, se ha contado con el apoyo de las empresas: Cementos Bío Bío, Melón y Cemento Polpaico. En esta Hoja de Ruta se incorporan los esfuerzos ya realizados por Cement Sustainability Initiative (CSI por sus siglas en inglés) a nivel global, y las necesidades locales de mitigación y adaptación al cambio climático. La estrategia seguida corresponde al trabajo en conjunto entre FICEM, el ICH, y las empresas cementeras que forman parte de este proyecto, que 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, además, 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 CO₂eq se encuentren bajo los compromisos globales, y así evitar que la tierra aumente su temperatura en más de 2°C con respecto a la era preindustrial. 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 por sus siglas en inglés), definieron los objetivos de reducción de emisiones de CO₂eq en la producción de cemento para distintos escenarios y con hitos cronológicos hasta el año 2050.

En este contexto, y considerando los objetivos mundiales para la sostenibilidad (ODS) de Naciones Unidas, los desafíos del Acuerdo de París (COP 21) y la iniciativa para la Sostenibilidad del Cemento (CSI), la industria del cemento de Chile ha desarrollado su “Hoja de Ruta Chile-FICEM hacia una economía baja en carbono” (HR Chile), evaluando las mejores prácticas disponibles para la acción climática en la mitigación de Gases Efectos 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 Chile, país con una alta vulnerabilidad frente a eventos climáticos tales como: el aumento de la temperatura en el valle central y la cordillera, la disminución de las precipitaciones en la zona centro-sur del país, marcados eventos de sequía y el aumento de olas de calor en la zona central.

Los principales ejes de reducción de CO₂ revisados en la HR Chile son el Factor Clínter, el Coprocesamiento y la Eficiencia Energética, en línea con los ejes mundiales en esta materia, sin dejar de lado, las nuevas tecnologías emergentes e innovadoras 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, como son la captura de CO₂ para almacenamiento o uso. Esto último estimula un proceso continuo de fomento a la investigación y desarrollo tanto nacional como internacional en conjunto con FICEM.

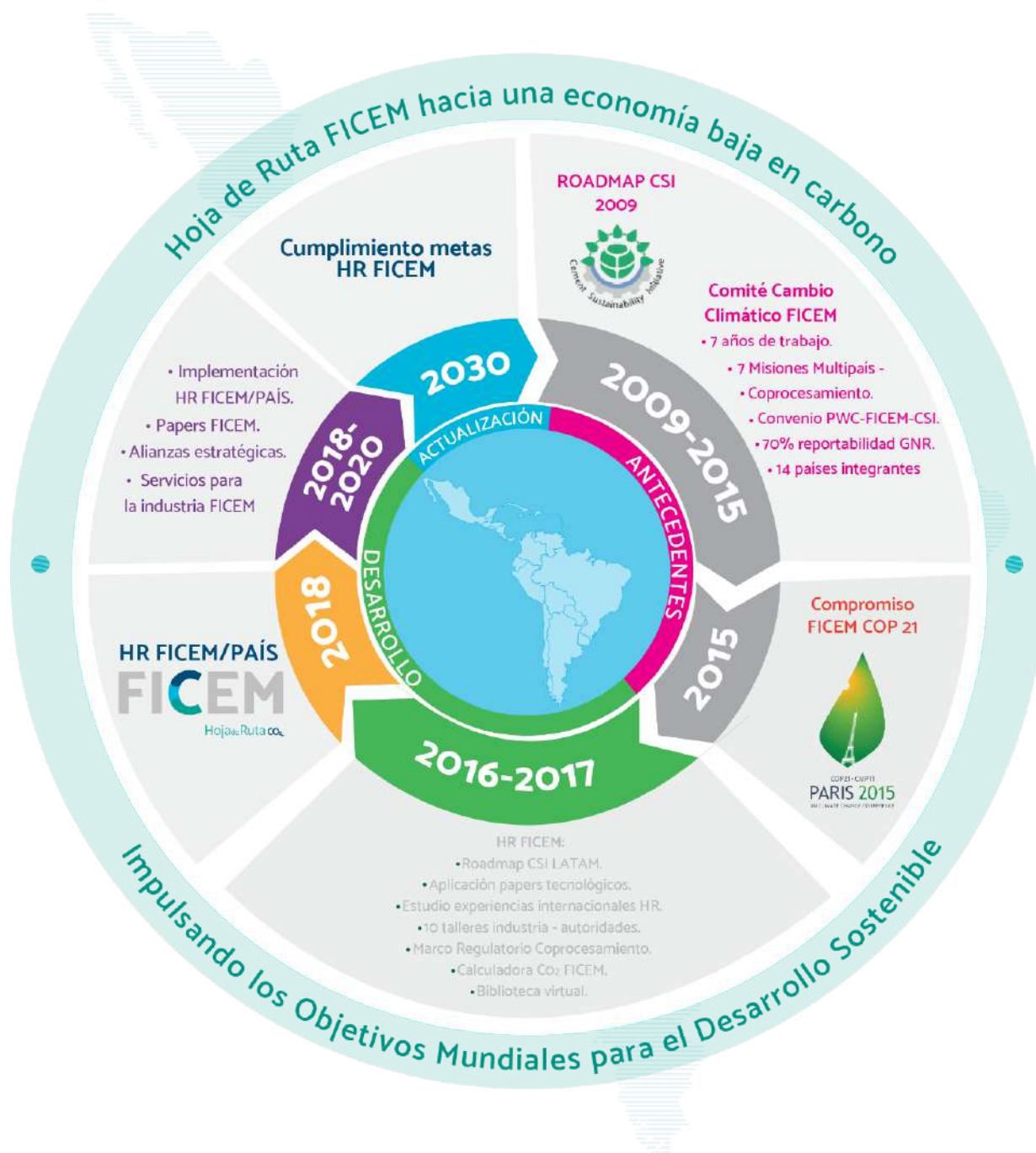
Del mismo modo, la economía circular pasa a ser un eje central de las estrategias presentes y futuras, pues cuando se piensa en la reducción, reutilización y reciclaje de elementos, el rol del mundo cementero no es menor puesto que a través del coprocesamiento y las materias primas alternativas, con foco en la valorización de residuos, 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 Chile se organiza de la siguiente forma: en el Capítulo 1 se describen las estrategias internacionales y de la industria del cemento para enfrentar el cambio climático. En el capítulo 2 revisamos los sistemas de Medición, Reporte y Verificación (MRV) tanto para su aplicación a países, como a procesos industriales tales como la producción de cemento. Además, se detalla el sMRV FICEM que es 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 Chile: su contexto económico – social, y sus vulnerabilidades al cambio climático.

El capítulo 5 aborda los principales indicadores ambientales para Chile, hace un análisis comparado de los principales ejes de reducción, además, en base a la revisión de los papers de la ECRA se estiman las reducciones alcanzadas y el potencial de reducción al año 2030. Finalmente, el capítulo 6 contiene los compromisos de la industria para la implementación de la HR Chile.

Las estadísticas utilizadas representan el total de la producción nacional de cemento, de esta información el 79% ha sido verificada por PwC mediante la aplicación del Protocolo sMRV FICEM. Además, mediante la aplicación de la Calculadora FICEM 2.0. se han desarrollado distintos escenarios tales como: Producción de cemento solo con clínker nacional, los efectos del clínker importado en la producción nacional de cemento, entre otros.

Este documento es resultado del trabajo realizado por FICEM y el ICH en conjunto con las industrias cementeras chilenas que, en base a antecedentes sólidos, reconocidos y confiables, han elaborado una estrategia 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 Chile.



1

Antecedentes Generales

En este capítulo se describen los dos pilares principales que fueron estudiados para la definición de la Hoja de Ruta de Chile. 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 al cambio climático.

Asimismo, se consideraron los esfuerzos y oportunidades que la producción de cemento a nivel mundial ha desarrollado, destacándose el liderazgo de CSI, que se materializa con la publicación de su Cement Technology Roadmap elaborado en conjunto con la Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés).

1.1

Estrategia global para enfrentar el cambio climático

1.1.1

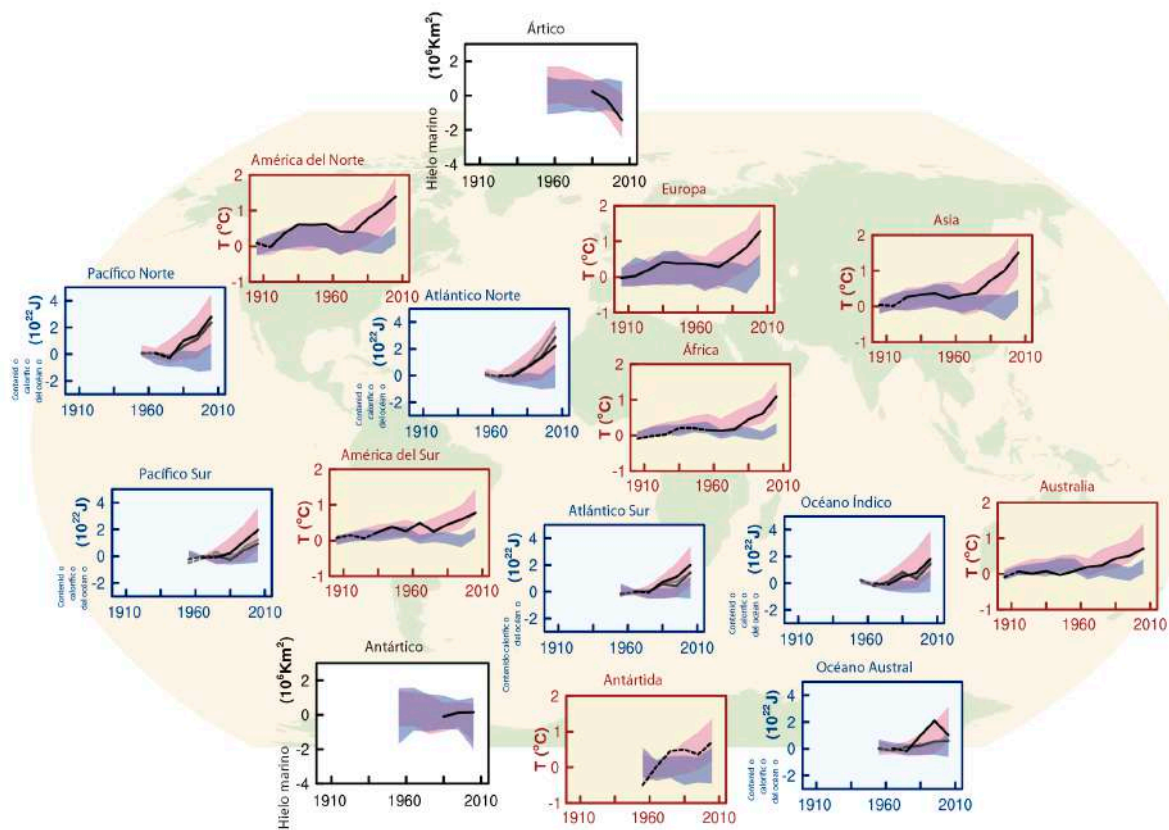
Visión del cambio climático

El cambio climático, según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) es 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)", fenómeno que se ha atribuido al aumento en la concentración de GEI de origen antropogénico (CO₂eq, Metano, entre otros) en la atmósfera, 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 (1850).

En la Figura 1 se aprecian los incrementos de temperatura en promedio globales para la superficie terrestre y oceánica y la Figura 2 el mapa por regiones asociados a estos mismos indicadores.

Figura 1 – Comparación del cambio climático observado y simulado



“... 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 (gráficos amarillos), extensión del hielo marino en septiembre en el Ártico y el Antártico (gráficos blancos) y contenido calorífico en las capas superiores del océano de las principales cuencas oceánicas (gráficos azules). También se muestran los cambios en el promedio global. Las anomalías se describen en relación con el periodo 1880-1919, por lo que respecta a las temperaturas en superficie con el periodo 1960-1999, lo que se refiere al contenido calorífico del océano, y con el periodo 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 muestras las zonas donde la cobertura de datos solo 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 de entre el 5% y el 95%.”

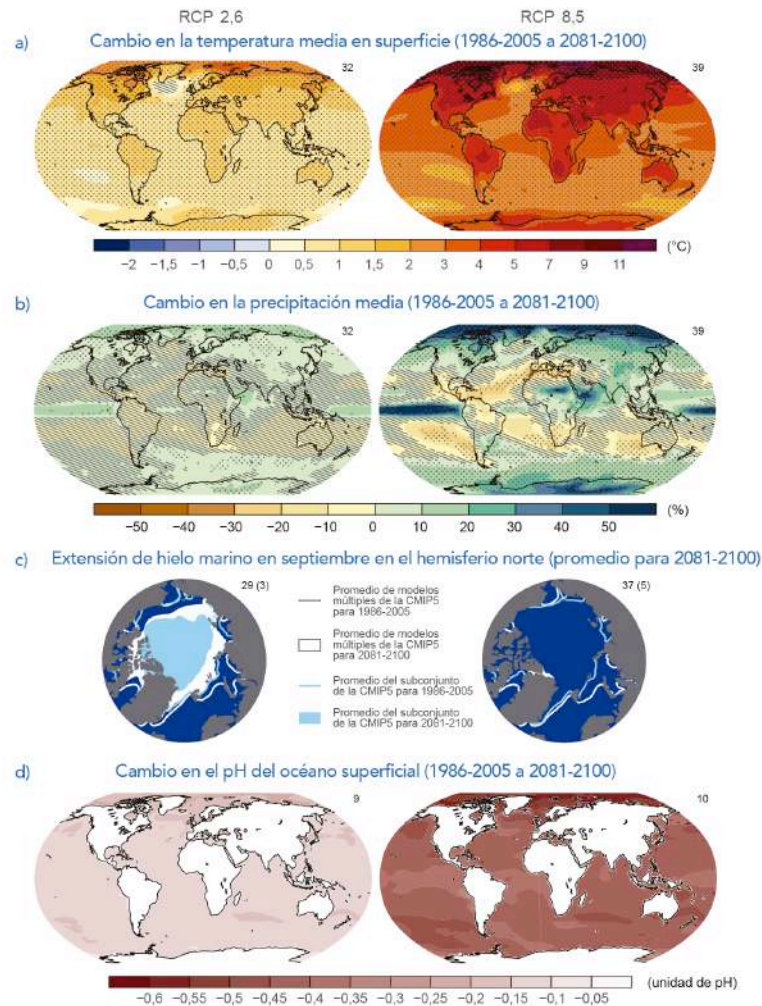
Fuente: Climate Change Informe 3 IPCC 2014

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, se desarrollaron los denominados RCP “Trayectorias de concentraciones representativas”, que proyectan el cambio en la temperatura media en superficie para cuatro escenarios diferentes de emisiones de GEI. Las proyecciones son para finales del siglo XXI, en relación con 1986-2005. En la Figura 2, la proyección de la izquierda está basada en un escenario con emisiones relativamente limitadas de gases de efecto invernadero (RCP 2,6) y la proyección de la derecha está basada en un escenario con emisiones muy altas de gases de efecto invernadero (RCP 8,5). Los otros dos escenarios son de emisiones medias de GEI y se denominan RCP 4,5 y 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, ambos escenarios proyectados para finales del siglo XXI. 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 verán afectados negativamente, por ejemplo, mediante la propagación de vectores de enfermedades, como los mosquitos. El cambio climático también nos obliga a reconsiderar nuestros sistemas

urbanos (entre otros, el transporte y los edificios) y el modo en que desarrollamos nuestra actividad económica (incluidas las oportunidades de negocios verdes). Lo anterior, se puede ejemplificar en la forma inadecuada de generar y usar la energía en estos dos últimos siglos. Los efectos sobre el 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.

En la Figura 2 podemos apreciar las proyecciones climáticas al año 2100 para dos escenarios posibles, el primero es reduciendo las emisiones al 50% de la línea base actual en el año 2050 y llegando a 0 emisiones netas para el año 2100. El segundo escenario es proyectando el crecimiento de las emisiones actuales sin acciones de reducción. Quedando en evidencia los daños que se producirían en el escenario de no actuar, de aquí la importancia de la acción climática global.

Figura 2 – Mapas de resultados medios de los escenarios RCP 2,6 y RCP 8,5



“...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 RCP 8,5, correspondientes al periodo 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 de 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 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 (eso 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... 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 de la 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 en estado medio climatológico y la tendencia registrada entre 1979 y 2012 de la extensión de hielo marino del Ártico.”

Fuente: Climate Change Informe 3 IPCC 2014

1.1.2

Marco internacional para abordar el cambio climático IPCC y CMNUCC

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en la Declaración Ministerial de la Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima solicitaron 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 la 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).

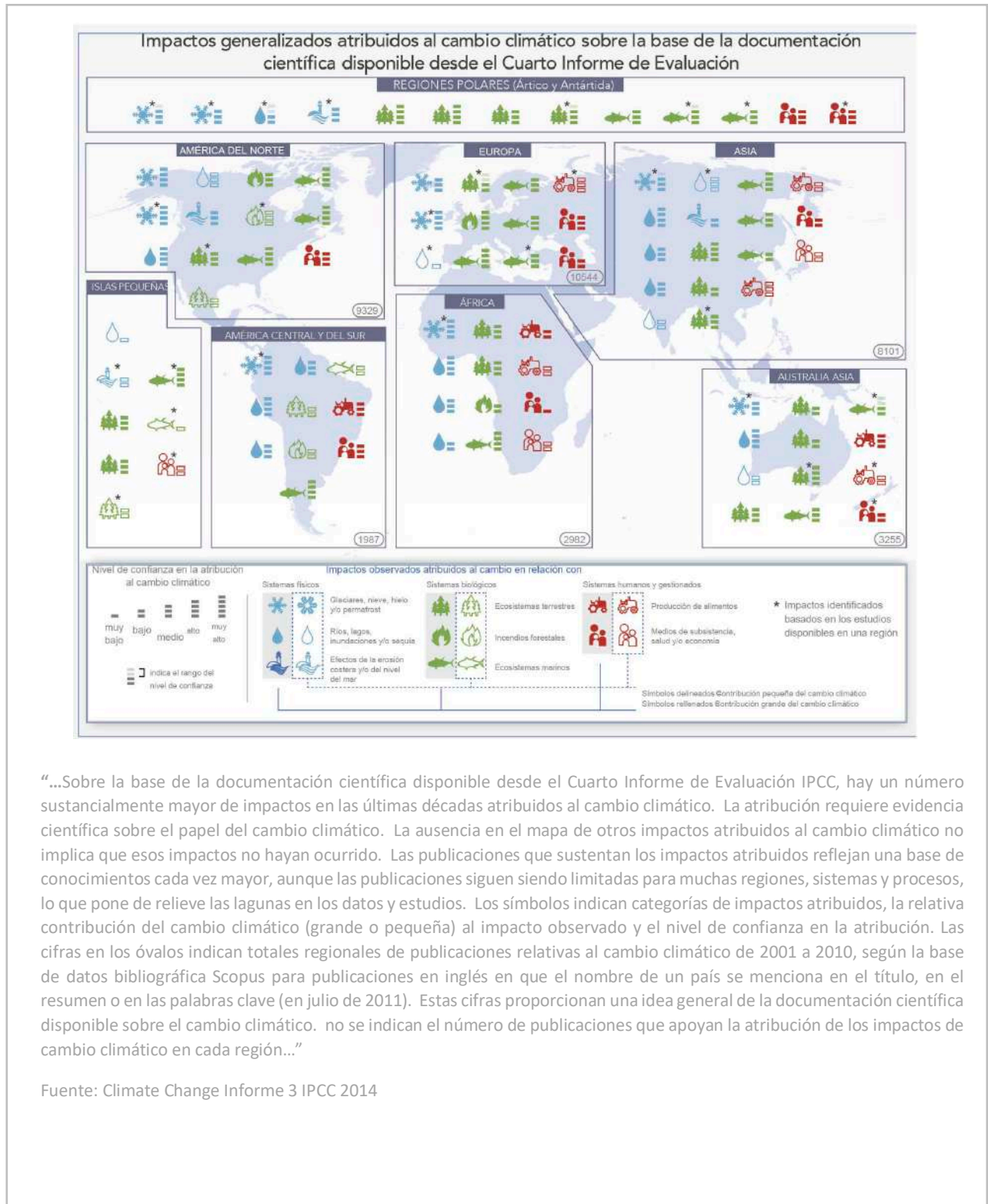
El objetivo de la CMNUCC es “impedir interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático mediante la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera”. Las principales respuestas para abordar el cambio climático son la mitigación y la adaptación. La Convención no enumera los GEI que se

deben regular, solo hace referencia al dióxido de carbono (CO₂eq) y a otros gases de efecto invernadero.

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, dispone que debieran tenerse en cuenta 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.

Figura 3 – Impactos generalizados atribuidos al cambio climático



“...Sobre la base de la documentación científica disponible desde el Cuarto Informe de Evaluación IPCC, hay un número sustancialmente mayor de impactos en las últimas décadas atribuidos al cambio climático. La atribución requiere evidencia científica sobre el papel del 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. 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 o en las palabras clave (en julio de 2011). Estas cifras proporcionan una idea general de la documentación científica disponible sobre el cambio climático. no se indican el número de publicaciones que apoyan la atribución de los impactos de cambio climático en cada región...”

Fuente: Climate Change Informe 3 IPCC 2014

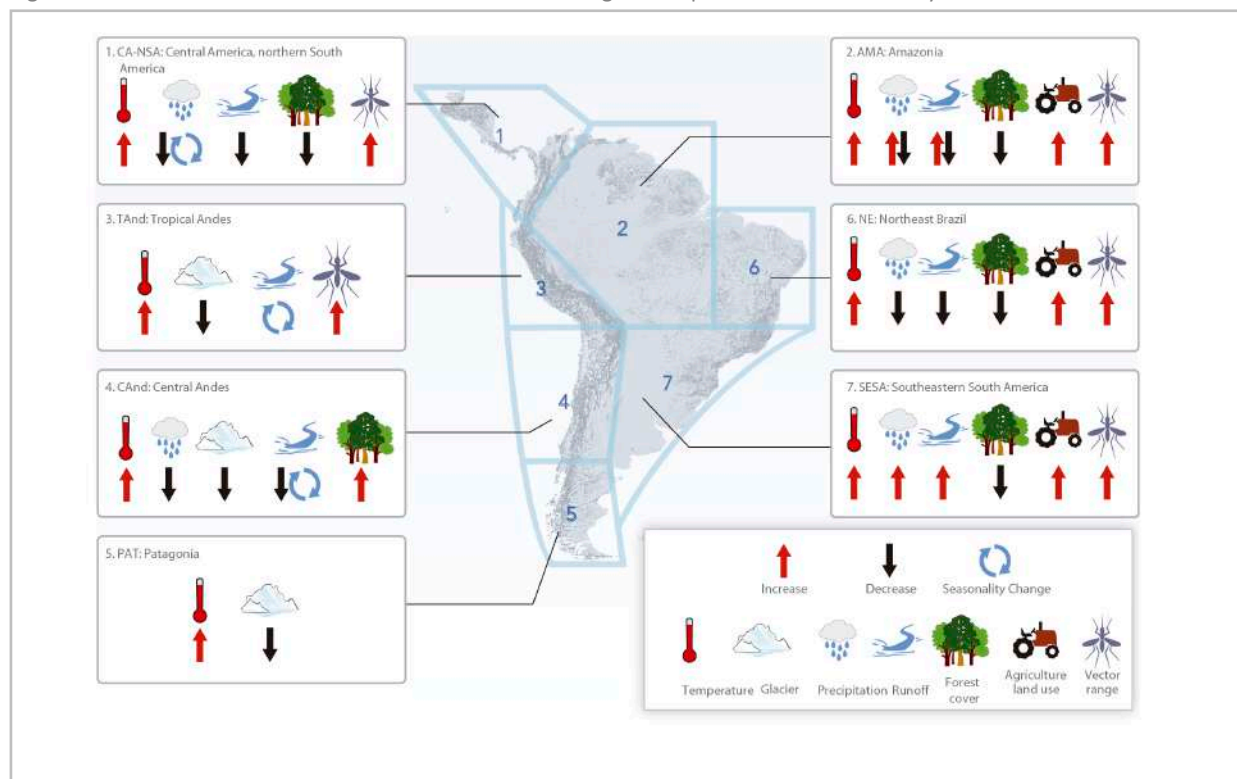
Podemos apreciar en la Figura 3, que los efectos del cambio climático están presentes en todo el mundo. En particular en Latinoamérica, sus principales consecuencias se asocian a la pesca, glaciares, recursos hídricos, agricultura y asentamientos humanos.

Otros principios rectores se centran en la importancia del derecho al desarrollo sostenible y la obligación de las partes en la convención de cooperar para promover un sistema económico internacional abierto y propicio que conduzca al crecimiento y desarrollo sostenible, en particular de los países en desarrollo, como es el caso de

Latinoamérica, región donde no sólo se deben evaluar los impactos del cambio climático sino la capacidad de adaptación a sus efectos.

Latinoamérica está expuesta a impactos que afectan directamente sus actividades económicas relevantes como la agricultura y pesca, por lo que esta región no sólo deberá destinar importantes recursos a la adaptación a estos impactos, sino que además mermará sus principales fuentes de ingreso, como lo indica la Figura 4.

Figura 4 – Resumen de cambios observados en el clima en regiones representativas de centro y sudamérica.



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 en 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 (CMNUCC- Manual, 2006).

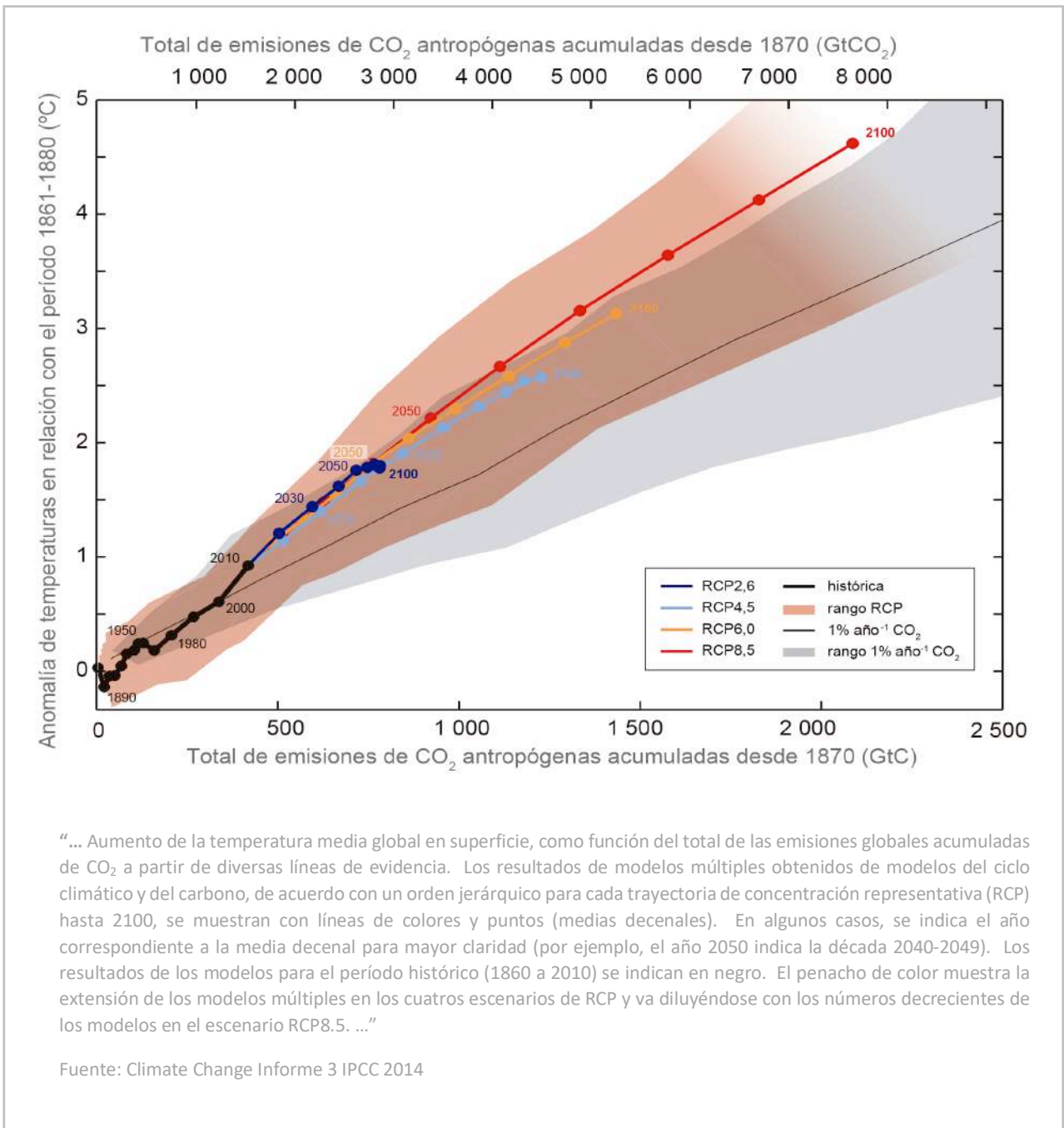
Uno de los compromisos de todas las partes es desarrollar inventarios GEI nacionales y entregar reportes a la COP sobre información relacionada a la implementación de la convención. Estas se llaman Comunicaciones Nacionales y traen consigo información sobre cambio climático: inventario GEI, vulnerabilidad,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

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

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

En la Figura 5 podemos apreciar con claridad, que pese a que los esfuerzos por reducir los GEI, destacándose el Protocolo de Kioto del año 1997, estos esfuerzos 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, el gráfico proyecta el efecto de las emisiones de CO₂ y su potencial incremento de temperaturas al 2100

Figura 5 – Aumento de la temperatura media global



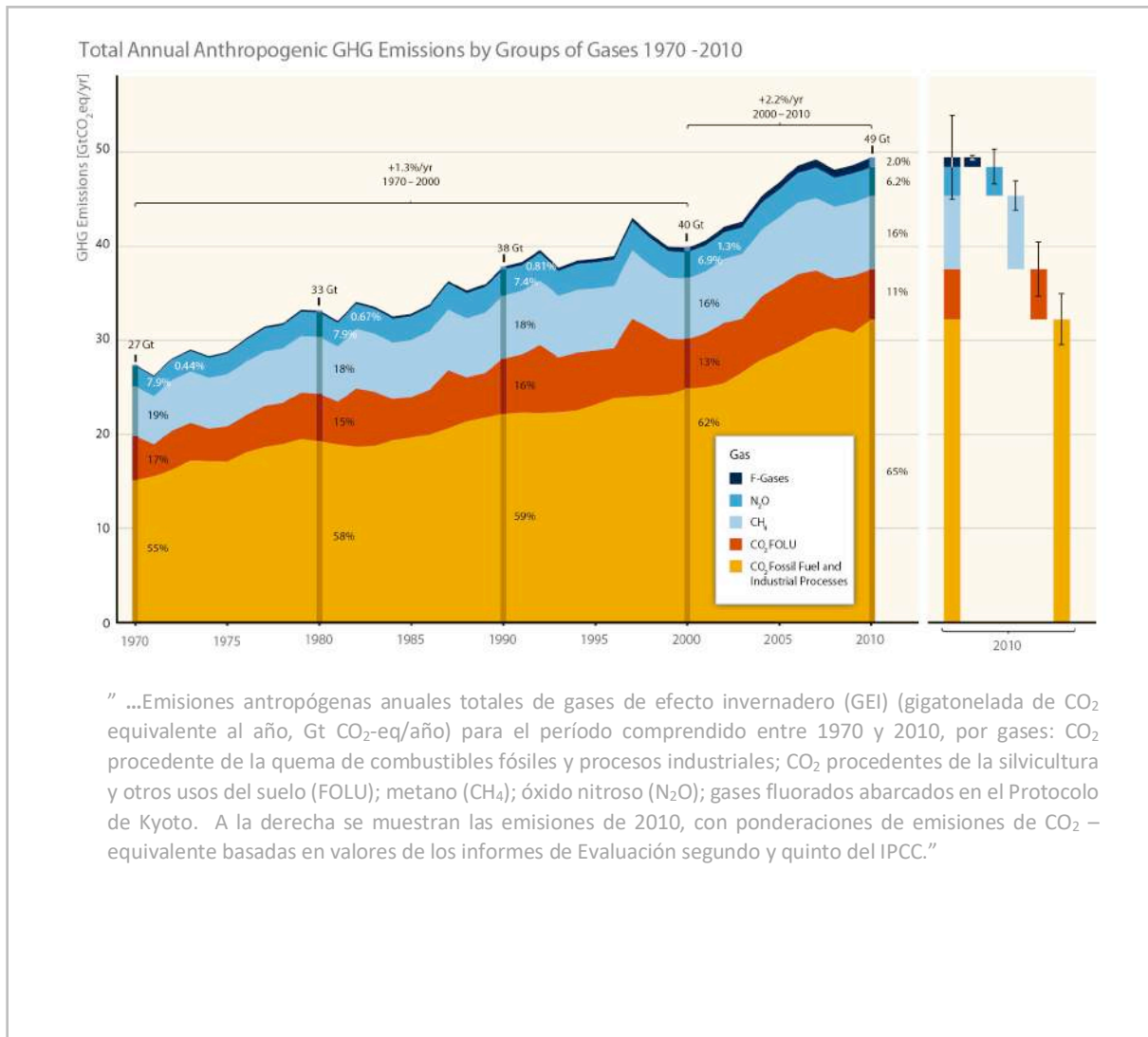
El Acuerdo de París entró en vigor el 4 de noviembre del año 2016 y fue ratificado por más de 100 países que cubren casi el 80% de emisiones de GEI. Este Acuerdo ONU es legalmente vinculante y tiene por objetivo que los países se comprometan a mantener la temperatura media mundial “muy por debajo” de 2°C respecto a los niveles preindustriales, 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) los que entrarán en vigor el año 2020 y se revisarán cada 5 años mediante un mecanismo transparente de seguimiento al cumplimiento. Además, se podrán usar 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 más eficientes acciones de reducción de estas emisiones. La Figura 6 nos muestra los aportes de los distintos tipos de GEI.

Figura 6 – Emisiones antropógenas anuales totales de GEI



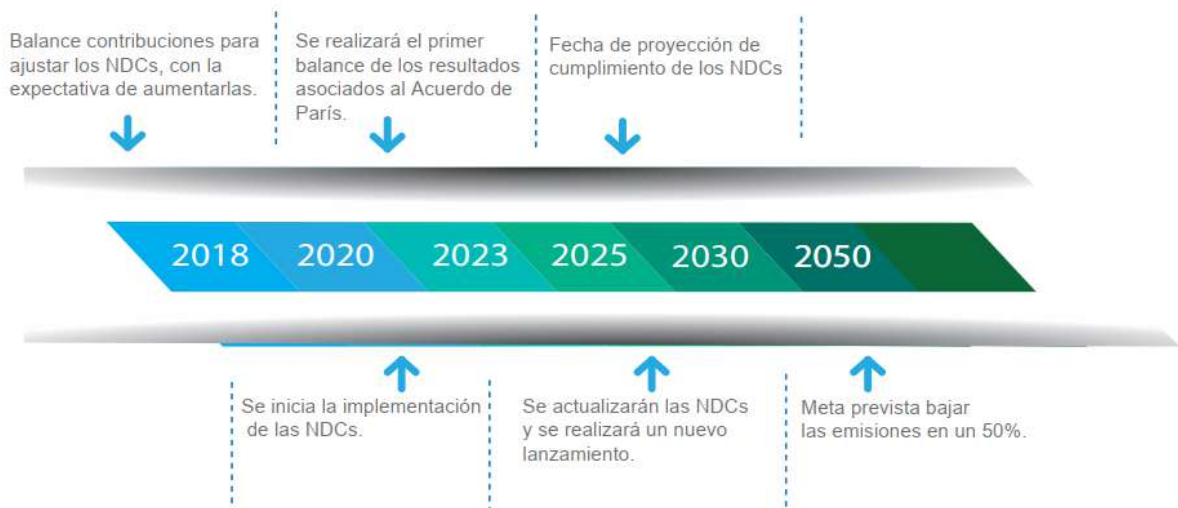
Posteriormente en la COP 22, llevada a cabo en Marrakech (Marruecos), desde el 7 al 18 de noviembre del año 2016, se trabajó fundamentalmente en la consolidación de las estrategias asociadas a la COP 21 y se abordó el estado de avance de los financiamientos y herramientas de mayor apoyo para reducciones 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 Degradación Forestal (REDD), que ofrece 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” (NAMAs por sus siglas en inglés), que generan políticas y medidas voluntarias para reducir las emisiones de GEI.

A continuación, se destacan algunos de los principales hitos derivados de los distintos acuerdos, y que, para el caso de la Industria del cemento, deben ser parte de las estrategias para la sostenibilidad de la industria.

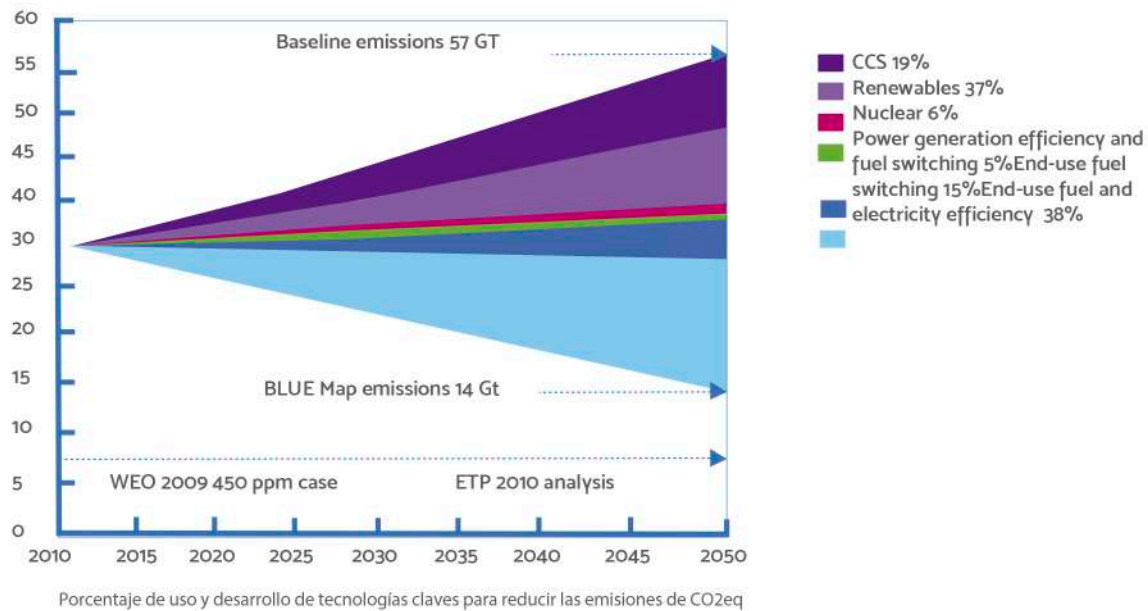
HITOS futuros COP-21



IEA Escenarios de Mitigación de GEI para el RCP 2.6. La IEA ha modelado una serie de escenarios que detallan los esfuerzos necesarios para reducir las emisiones antropogénicas de CO₂eq. Por un lado, están los escenarios “ACT” que tienen por objetivo reestablecer al 2050 los niveles de emisión de CO₂eq del año 2005, a través del desarrollo tecnológico. Por otro lado, los escenarios “BLUE” tienen por objetivo reducir un 50% las emisiones de CO₂eq al 2050, respecto al año 2005, lo que supone un mayor desarrollo de políticas y financiamiento que faciliten en progreso tecnológico. en este caso, se modeló un escenario que demuestra el

porcentaje de uso y desarrollo de tecnologías claves para reducir las emisiones de CO₂ eq, como son la captura y almacenamiento de CO₂eq (19%), el uso de energías renovables (17%), el uso de energía nuclear (6%) y la implementación y desarrollo de la eficiencia energética (5%) y eléctrica (38%). El accionar conjunto de estas tecnologías de reducción proyecta un escenario de 14 Gt de CO₂eq (emisiones) a diferencia de uno estándar (sin la aplicación de estas tecnologías) de 57 Gt de CO₂eq al año 2050. En la Figura 7 se muestran las proyecciones de reducciones de CO₂ por distintas fuentes de energía.

Figura 7: Porcentaje de uso y desarrollo de tecnologías claves para reducir las emisiones de CO₂eq.



Fuente IEA

De no existir una reducción radical en las emisiones de CO₂ antropogénicas, se estima un aumento de la temperatura promedio de más de 5°C. Este aumento de temperatura está asociado a alcanzar las emisiones de 57 GT al 2050, como se puede ver en la Figura 7. El escenario BLUE Map donde se alcanzan las 14 GT en el

mismo periodo es la reducción requerida para no aumentar más de 2°C la temperatura de la tierra, y, además, son la referencia de emisiones con la cual se elaboró el Roadmap de CSI en el año 2009 y su actualización de 2018.

1.1.3

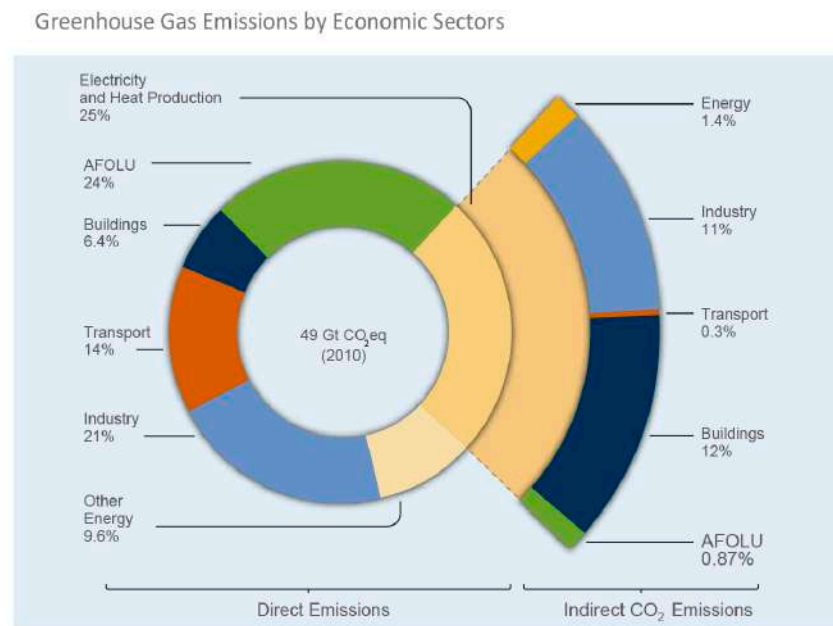
NDC, MDL, NAMAs Y LCTPi como instrumentos para la mitigación y adaptación al cambio climático

NDCs "Contribuciones Nacionalmente Determinadas"

Las NDC son los compromisos particulares por sector que los países presentan para reducir sus GEI al año 2030, y en algunos casos reportan específicamente a la industria del cemento con contribuciones que van desde el 2% al 6% de los GEI país. Esta información es parte del estudio desarrollado por Factor CO₂ para FICEM en el año 2015, donde se pueden apreciar grandes diferencias de aportes de los países de la región. Además, estos compromisos incluyen instrumentos de adaptación, financiación y transferencia tecnológica.

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 estaría siendo superada. En la Figura 8 se pueden ver las contribuciones en materia de reducción por país en Latinoamérica.

Figura 8 – Emisiones de GEI por sector económico



Fuente: Climate Change Informe IPCC 2014

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.

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

- Sustitución de combustibles fósiles por combustibles alternativos (biomasa, por ejemplo).
- Aumentar la mezcla en la producción de cemento.
- Reducción de emisiones en la producción de clínker.
- Mejorar la eficiencia energética (instalación de nuevos hornos).

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 alternos. En el caso de 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.

En la Figura 8 la producción de cemento forma parte del sector económico Industria (industry) el cual es responsable del 21% de emisiones directas y del 11% de las emisiones indirectas de GEI.

NAMAs "Acciones nacionales de mitigación apropiadas"

Las NAMAs son un conjunto de propuestas para alcanzar un desarrollo sostenible bajo en emisiones de GEI de manera medible, reportable y verificable. Estas deben ser factibles, es decir, coherentes con las particularidades del país donde se implementan y pueden ser apoyadas con financiamiento, tecnología y formación de capacidades por parte de la comunidad internacional.

A su vez, las NAMAs forman parte del componente de mitigación de las NDCs 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 NDCs.

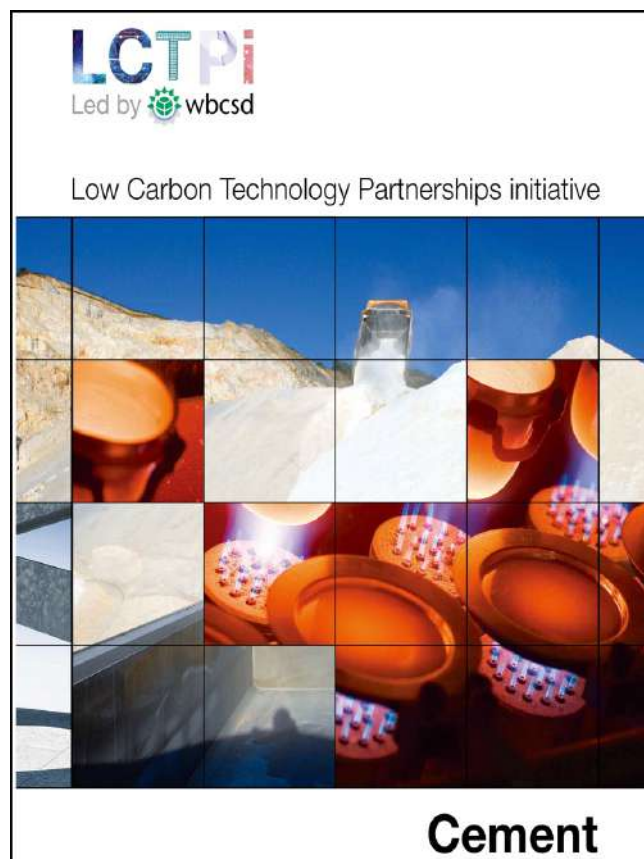
En el caso de la realidad cementera latinoamericana, el estudio de Factor CO₂ para FICEM encontró 3 NAMAs, las cuales señalan el uso de herramientas de corto a mediano plazo en el desarrollo de planes de acción para la mitigación, estas son:

- 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).
- NAMA de México para reducir emisiones GEI.

LCTPi “Low Carbon Technology Partnerships”

El LCTPi se enfocó en definir objetivos claros y en la implementación de los Roadmaps para el desarrollo a largo plazo de tecnologías claves de bajas emisiones. Actualmente hay nueve áreas de enfoque en las 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 CO₂eq 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, 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, 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 en colaboración. Esta es una iniciativa del Programa de Soluciones para la COP 21. Después de la COP21, con su lanzamiento en 2015, se llevaron a cabo reuniones en Durban, Sao Paulo, Nueva Delhi, Nueva York, Pekín y Londres, donde los planes de acción fueron compartidos y conformados con los aportes de las partes interesadas.



1.2

Estrategia de la Industria del Cemento

1.2.1

Iniciativa para la Sostenibilidad del Cemento CSI

Durante sus casi 20 años de historia, la CSI se ha centrado en definir los contenidos para una gestión responsable en la producción de cemento. Entre sus ejes de trabajo se destacan el cambio climático, el consumo de combustible, seguridad de los empleados, las emisiones en el aire, el reciclaje de concreto y la gestión de canteras. CSI además de haber desarrollado el LCTPI de la industria, ha impulsado el proyecto “Getting the Numbers Right”, más conocido como

“GNR” y traducido como “Obteniendo los Datos Correctos”, que, mediante una plataforma de datos, entrega información sobre las emisiones de CO₂eq y la eficiencia energética de la industria cementera mundial, facilitando así la comprensión de su potencial de mejora. El objetivo para la industria cementera es reducir las emisiones CO₂eq entre el 20% y 25% a 2030 basado en la iniciativa CSI (Cement Sustainability Initiative) a través de las siguientes acciones:

- 1 Aumentar la cobertura de la base de datos de CO₂eq y 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 el cemento para minimizar la parte del proceso intensivo en energía.
- 5 Desarrollar de cemento nuevo con menores requerimientos de energía y calcinación.
- 6 Involucrar el ciclo de vida los edificios e infraestructuras, para identificar y reducir las emisiones GEI, gracias al uso de cemento y productos de concreto.
- 7 Evaluar iniciativas intersectoriales, en particular sobre la oportunidad de capturar, usar y almacenar carbono a gran escala

1.2.2

Obteniendo los datos correctos GNR

GNR es una base de datos administrada de manera independiente que registra datos sobre el desempeño en emisiones de CO₂ y consumo de energía de la industria global del 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 los más estrictos lineamientos de confidencialidad.

La base de datos suministra información uniforme, exacta y verificada para que la industria comprenda tanto su desempeño actual como potencial. También incluye los principales generadores de emisiones y datos de desempeño. Igualmente ofrece a los diseñadores de políticas información vigente y relevante para procesos de análisis y toma de decisiones.

La base de datos cumple con la normativa legal y es administrada 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.

La base de datos GNR, que ahora cubre datos hasta 2016, ha crecido a lo largo de los años para cubrir 849 instalaciones individuales o Plantas que producen 807 millones de toneladas de cemento. Esto representa el 19% de la producción mundial de cemento. A partir del conjunto de datos 2012, se aplicó la versión 3 del CSI "Protocolo de CO₂ y energía: Norma de Contabilidad e

Informe de CO₂ 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.

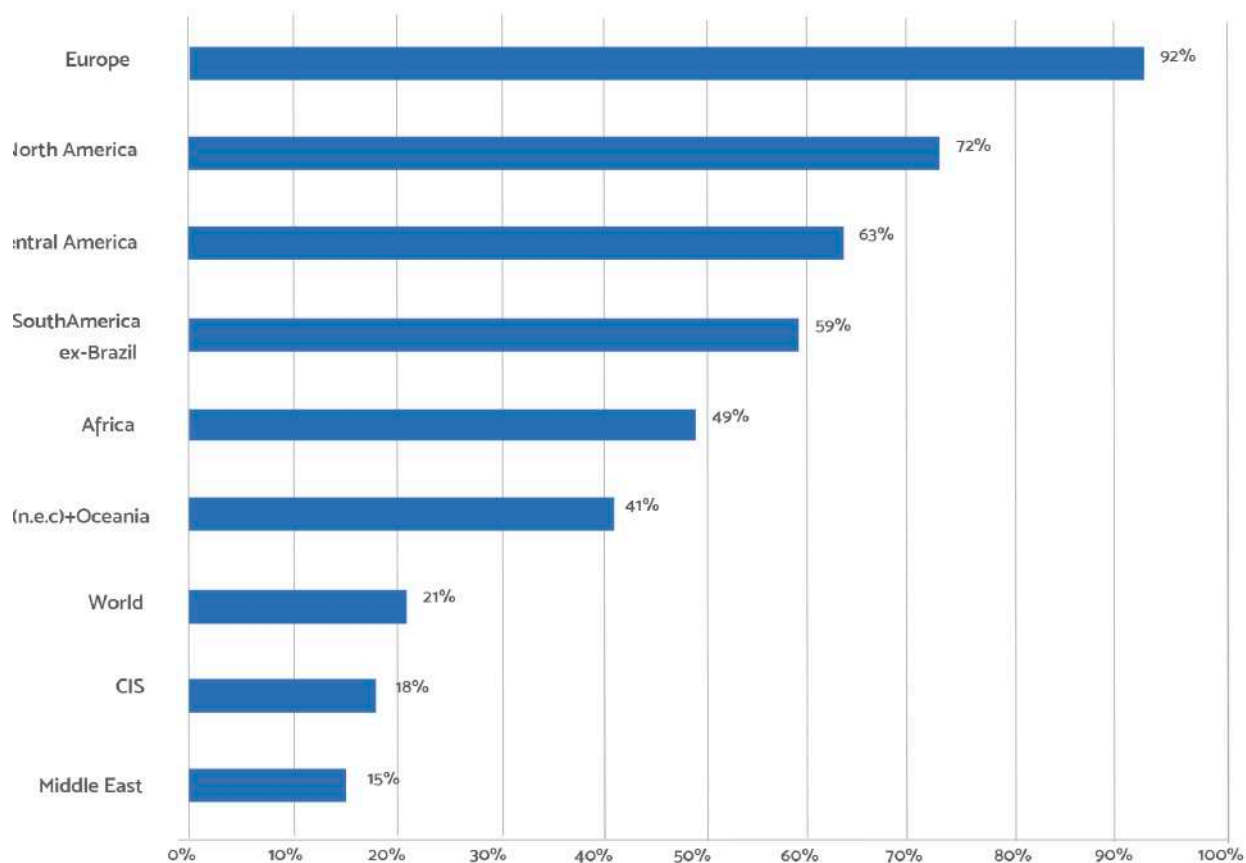
Los objetivos de GRN son:

- Reconocer las áreas de oportunidad y su contribución a las metas de reducción de CO₂eq.
- Fortalecer la reputación de la industria cementera ante las autoridades.
- Ofrecer una base de datos confiable y verificable.

Los miembros que componen GNR son 24 compañías cementeras (una tercera parte de la producción mundial de cemento), que pertenecen a CSI. También participa la "Asociación Europea del Cemento" (CEMBUREAU), que reúne información de todas las plantas en Europa que no pertenecen a CSI, asegurando la participación de casi todas las instalaciones productoras de cemento en esta región. Desde el año 2011, FICEM es parte de esa iniciativa, con lo que se ha logrado incluir a las empresas de Latinoamérica que no pertenecen a CSI.

En la Figura 9 se muestra el nivel de cobertura de información por región, destacando Europa y Norteamérica con el 92% y 72%, respectivamente. En este sentido, Latinoamérica está muy por sobre el promedio global, con una cobertura cercana al 61%, pero con una brecha importante que cubrir para aumentar la representatividad del GNR y así poder proyectar los reales potenciales de reducción de CO₂eq de la región.

Figura 9 – Cobertura regional de la base de datos GNR (2014)



Fuente: Iniciativa para la Sostenibilidad del Cemento

1.2.3 LCTPi Cemento

La necesidad que la producción de cemento cuente con una estrategia propia radica en que su nivel de emisiones es relevante, alcanzando cerca del 5% de las emisiones totales de GEI. En las Figuras 10 y 11 se identifica la producción de cemento y sus emisiones asociadas.

Las siguientes gráficas muestran un comparativo de las emisiones del cemento con las emisiones de los combustibles fósiles. Luego, se muestra una comparación de emisiones conjunta de combustibles fósiles y cemento, con otras fuentes de emisiones antropógenas.

Figura 10 – Emisiones anuales de CO₂ antropógeno y su distribución

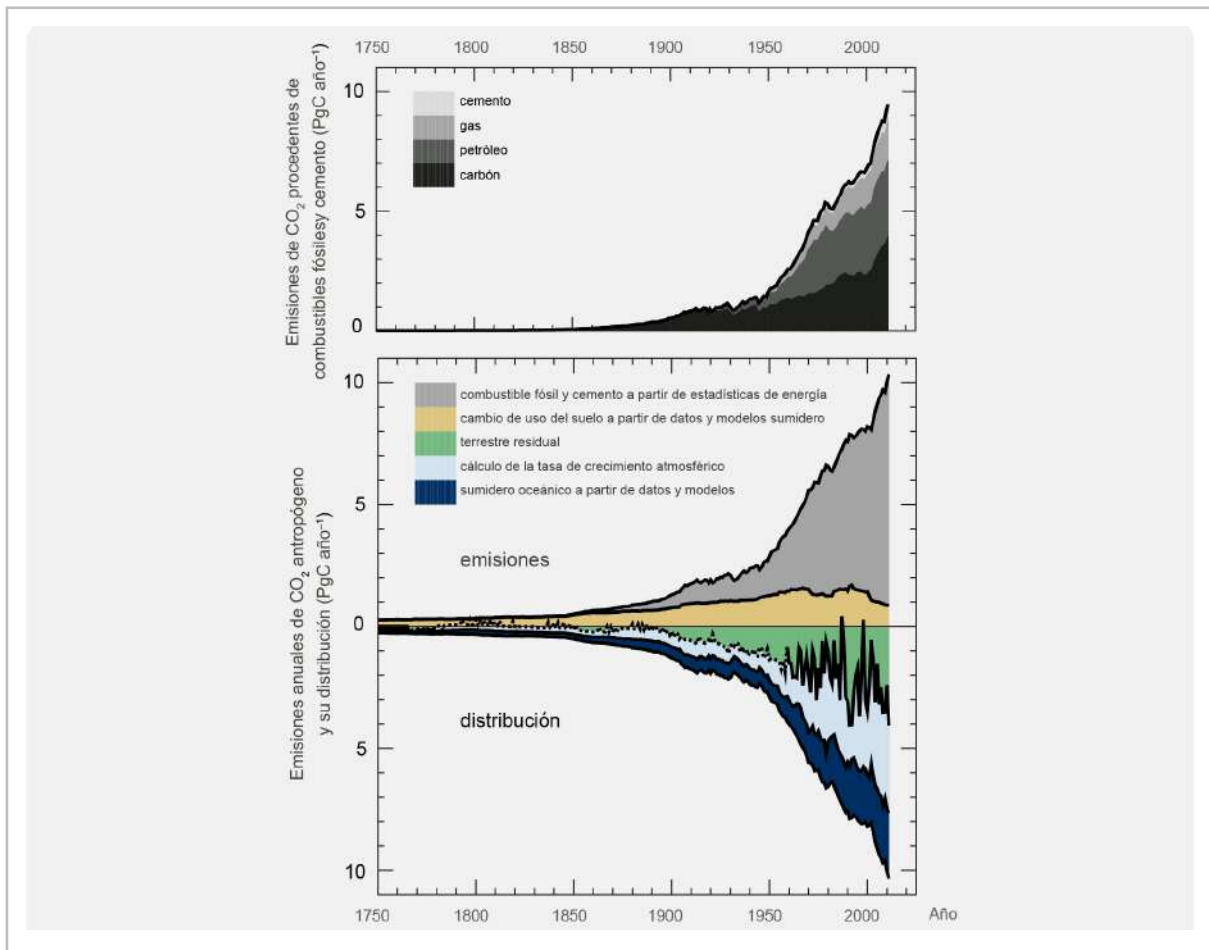
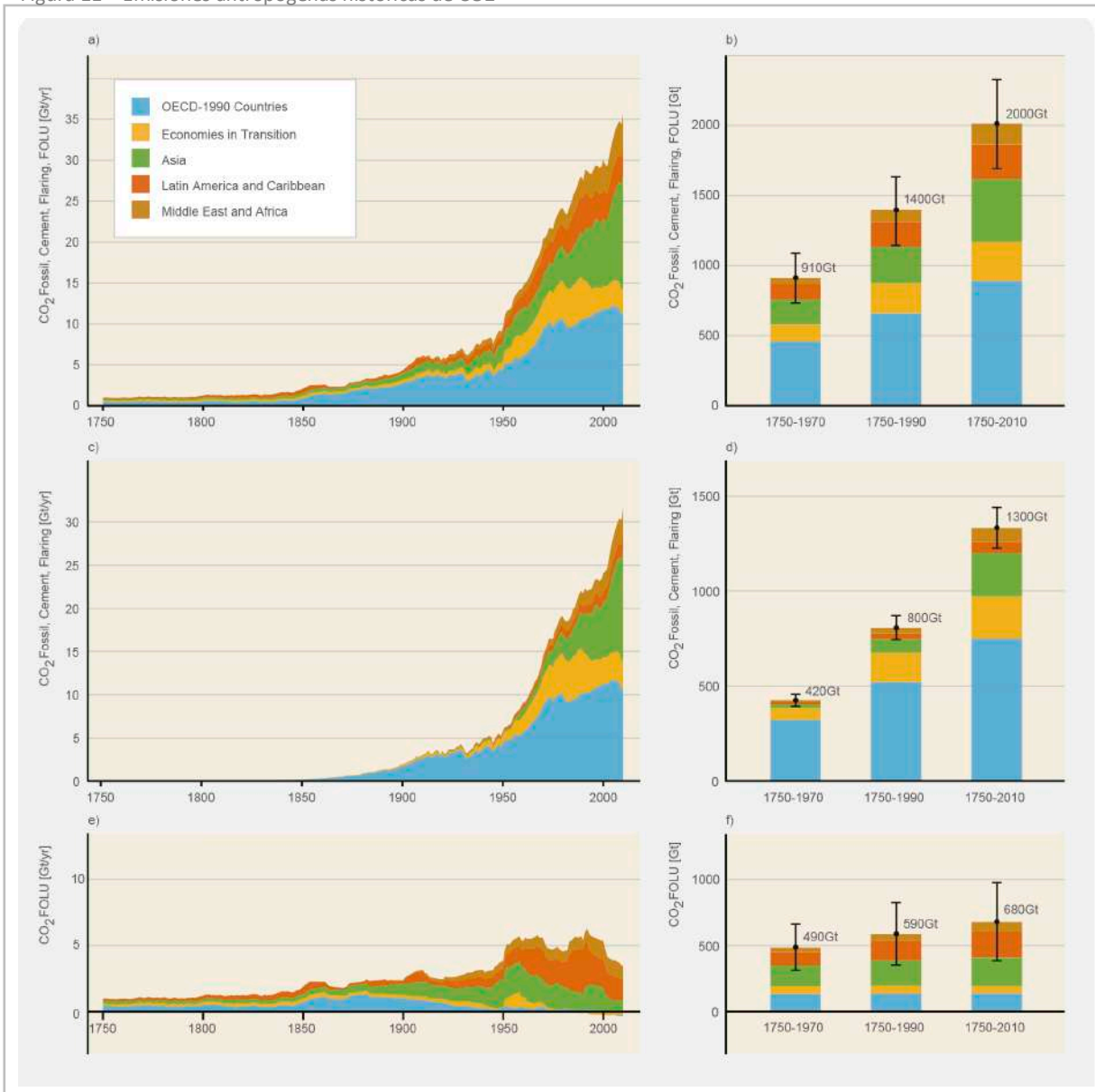


Figura 11 – Emisiones antropógenas históricas de CO₂



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, siendo este una actualización al Roadmap publicado el año 2009.

En él 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 entre un 12 y un 23% para el año 2050, con respecto al nivel actual. 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 global. 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 la IEA Escenario Tecnológico de Referencia (RTS), es esperable que las emisiones directas de CO₂ 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 período.

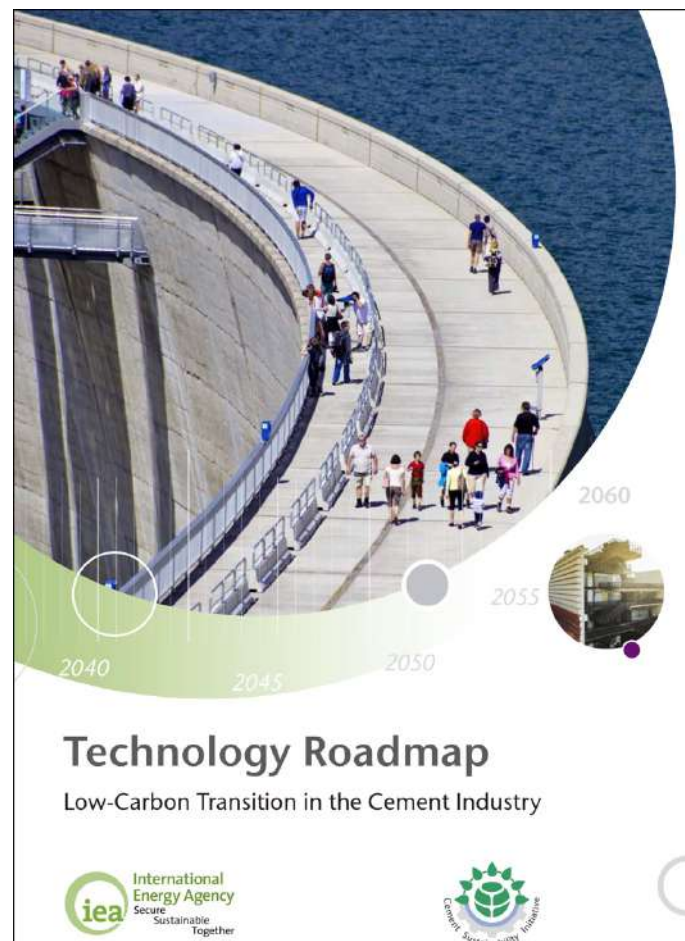
Considerando el aumento esperado en la producción mundial de cemento, es importante tener presente que una transición sostenible al Escenario 2DS (2 grados Celsius) implica una reducción significativa (24%) de las emisiones mundiales de CO₂ directo en la fabricación de cemento para el año 2050, en comparación con los niveles actuales. Esto significa reducciones acumulativas de emisiones de 7.7 GtCO₂, comparado con el RTS, para el año 2050. Implementar esta visión requiere un desarrollo progresivo y el despliegue de ejes de reducción de emisiones de CO₂, políticas de apoyo, colaboración público-privada, mecanismos de financiamiento y aceptación social.

Mejorar la eficiencia energética, cambiar a combustibles alternativos (combustibles menos intensivos en carbono), reducir la relación de clínker a cemento 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 generar las mayores reducciones acumuladas de emisiones de CO₂ 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, eficiencia energética.

Cabe destacar que los potenciales de reducción del Roadmap 2009 y su actualización del año 2018 se han

basado en los Papers desarrollados por la Academia Europea de Investigación del Cemento (ECRA por sus siglas en inglés) 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 CO₂ en todas las áreas de los negocios y la sociedad.

El potencial de reducción de CO₂ 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 Aglomerantes Alternativas. No obstante, que este Roadmap sólo abarca el proceso de fabricación de cemento, por recomendación de CSI y IEA, se reconoce que el potencial de reducción deberá ampliarse a todo el ciclo de vida del cemento en un futuro próximo, incluyendo el concreto y la construcción, lo cual es un nuevo e importante desafío para la industria.



1.3.2

Ejes de Reducción

En el Roadmap CSI, se analizan los ejes de reducción de emisión de CO₂, los cuales se basan en las tecnologías investigadas por ECRA, documento publicado en el año 2009 y actualizado el 2017, los cuales se revisan en este mismo capítulo. 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, ellos 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 tienen altos costos de inversión que son financieramente inviables.

La **mejora en el sistema de operación y la capacitación de los operadores** son necesarias para operar instalaciones modernizadas. La eficiencia energética se logra mediante una operación adecuada, así como el uso de equipos de proceso adecuados. 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 su diseño, así como la operación continua ofrecen un rendimiento energético óptimo.

Las **condiciones locales**, así como las características de la materia prima, la composición del Clínter 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 CO₂** 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 para recuperar el exceso de calor y utilizarlo en mejoras de la eficiencia energética. Por lo tanto, las emisiones totales de CO₂ más bajas a través de un mayor uso de combustibles alternativos superan la desventaja de un mayor consumo específico de energía.

Los **requerimientos ambientales más exigentes** pueden aumentar el consumo de energía en algunos casos (por ejemplo, los límites en las emisiones de polvo requieren más potencia para la separación del polvo, 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 de los sistemas actuales de molienda. La Academia Europea de Investigación del Cemento 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 auxiliares de molienda, podría generar beneficios de eficiencia energética.



EJE 2

Combustibles alternativos

Desafíos a la implementación: Aunque los hornos de cemento podrían usar hasta un 100% de combustibles alternativos en su operación, existen algunas limitaciones prácticas que evitan que ello ocurra. Las propiedades físicas y químicas de la mayoría de los combustibles alternativos difieren significativamente de los combustibles convencionales. Mientras que algunos (como la harina de carne y huesos) pueden ser utilizados fácilmente por la industria del cemento, muchos otros pueden causar problemas técnicos. Estos están relacionados, pero no se limitan a, su bajo poder calorífico, alto contenido de humedad y alta concentración de cloro u otras sustancias traza. Por ejemplo, los 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 a menudo es necesario para garantizar una composición uniforme y una combustión óptima, así como para minimizar el contenido de sustancias potencialmente problemáticas.

Existen varias barreras para aumentar el uso de combustibles alternativos en la industria del cemento:

La legislación de 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 permite la recolección y tratamiento de residuos de combustibles alternativos controlada.

Las redes locales de recolección de residuos deben ser adecuadas.

El nivel de **aceptación social** de los combustibles de desecho para el 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 deben identificarse y clasificarse, 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 Clínger

Desafíos a la implementación: La **disponibilidad regional** de adiciones para el cemento sigue siendo crítica, en términos de cantidad / calidad y su impacto en los precios. Se espera que las disponibilidades de GGBFS y cenizas volantes disminuyan.

La **práctica común, 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 OPC. 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 y las plantas de cemento y hormigón, y la logística, pueden ser barreras para el uso de las adiciones porque afectan la viabilidad económica.

Necesidades y objetivos de I + D: La disponibilidad de adiciones para el cemento 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 para el cemento. Se debe dar prioridad a la determinación de su huella ambiental, además de su efecto sobre la resistencia y durabilidad del cemento. Estos estudios deben tener una visión holística al considerar las necesidades específicas relacionadas con la construcción.

La disponibilidad actual y futura de materiales y turnos actuales en las rutas de procesos industriales hace imperativo que los esfuerzos de investigación también se centren en identificar y desarrollar nuevas adiciones. Las arcillas calcinadas son un posible candidato, y se espera que la investigación en curso brinde información crítica sobre su desempeño y durabilidad.

En el mismo contexto, se pueden obtener beneficios similares al valorizar otros materiales, incluyendo escoria de horno de arco eléctrico, cenizas de verduras, residuos de bauxita y relaves de operaciones mineras. Las acciones de I + D dirigidas son cruciales para abordar los desafíos que generará el uso de materiales de mezcla alternativos, tales como mejorar las propiedades hidráulicas o puzolánicas y manejar la posible presencia de metales pesados.



EJE 4

Captura, uso y almacenamiento de CO₂

Captura de CO₂ y Almacenamiento (CCS): Las políticas efectivas que proporcionan el incentivo económico para reducir la huella de carbono de la producción de cemento y respaldar la cooperación público-privada intersectorial son el principal desafío para el despliegue de CCS en el mercado y la identificación de ubicaciones y diseños óptimos para las infraestructuras de transporte y almacenamiento de CO₂. así como también a la integración técnica de las tecnologías de captura de carbono demostradas a escala comercial en el proceso del cemento.

Altos costos estimados para la captura de CO₂ en comparación con el costo específico de la producción de cemento. Sin embargo, se espera que el costo de la captura de carbono disminuya en el futuro debido al progreso técnico y científico.

Captura de CO₂ y Utilización (CCU): Los obstáculos comerciales impiden que las nuevas y emergentes vías de utilización de CO₂ avancen rápidamente y alcancen madurez de laboratorio a mercado, más allá de las limitaciones técnicas. Esto se debe en parte a los bajos precios de los combustibles alternativos y, a menudo, a la dependencia de una gran cantidad de electricidad renovable. Lograr la generación de hidrógeno con cero

emisiones de carbono garantizaría la reducción de las emisiones de CO₂ en esos casos.

La disponibilidad de tierra y agua, y el tamaño de los mercados aguas abajo son otros factores limitantes para las aplicaciones de CCU.

Se debe aplicar 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 CO₂ se centran en aumentar la eficiencia de los procesos químicos y la innovación para nuevas vías de utilización de CO₂. Una mayor investigación, mejores catalizadores y mejores diseños de procesos traerán mayores niveles de eficiencia, menores costos y menor consumo de material o producción de desechos.

Las formas nuevas e innovadoras de usar CO₂ y el uso de CO₂ no purificado pueden hacer que sean posibles 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. La investigación debe llevarse a cabo a través de proyectos colaborativos en diferentes sectores industriales, emisores, transformadores (por ejemplo, industria química) y usuarios finales.

El transporte es el vínculo crucial entre las fuentes de emisiones de CO₂ 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 CO₂. También es probable que los clusters de CCS se vean influenciados por su proximidad a fuentes de CO₂ mucho más grandes, como las centrales eléctricas de carbón.



EJE 5

Materiales aglomerantes alternativos

Los materiales aglomerantes alternativos al Clínter de cemento Portland, pueden ofrecer oportunidades para reducir las emisiones de carbono. Sin embargo, actualmente no existe un análisis del ciclo de vida independiente, disponible públicamente y robusto para cualquiera de los aglomerantes alternativos discutidos o una cuantificación comparativa asociada de los costes de producción, y su versatilidad en términos de aplicabilidad comercial difiere ampliamente. Los aglutinantes alternativos que, en teoría, arrojan un mayor ahorro de CO₂ a menudo están relacionados con mayores costos de producción, restricciones en la disponibilidad de estas materias primas alternativas y limitaciones de la aplicación en el mercado; o están en etapas tempranas de desarrollo. Estas circunstancias hacen que sea prematuro realizar una evaluación técnico económica que analice las tecnologías y vías de menor costo para la producción de cemento.

Hay una falta de incentivos para reducir las emisiones de carbono en la fabricación de cemento en muchas regiones. Por lo tanto, el despliegue de materiales aglomerantes alternativos disponibles en el mercado 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 aglomerantes alternativos está en la fase de demostración y su avance podría crear posibilidades para su despliegue comercial en el futuro, ofreciendo mejoras medioambientales en el rendimiento de la industria.

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



Observación: El impacto de los cinco ejes señalados en la reducción de las emisiones de CO₂ 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 a su mayor contenido de humedad que los combustibles fósiles, funcionamiento del horno con mayores niveles de alimentación de aire en comparación con los combustibles fósiles convencionales y el pretratamiento de combustibles alternativos. La integración del equipo de captura de carbono normalmente aumenta la intensidad energética de la fabricación de cemento, ya que se necesita energía adicional para operar los procesos de separación y manipulación de CO₂.

1.3.3

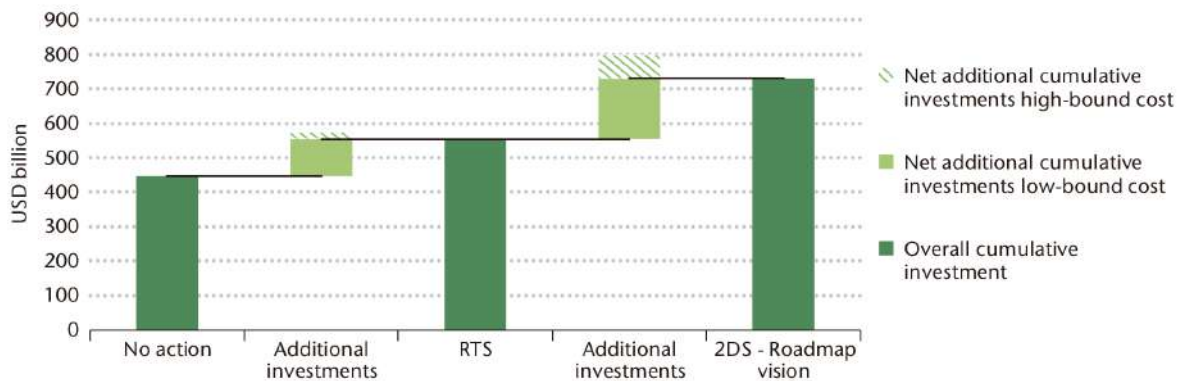
Requisitos de Inversión y Apoyo Financiero

Entre USD 176 mil millones y USD 244 mil millones son los costos acumulativos netos adicionales de inversión que han sido estimados como necesarios para implementar esta visión del Roadmap CSI en comparación con el RTS (Figura 12). Estas estimaciones se basan en un análisis de sensibilidad respecto a los 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 sobre la inversión se centra en el caso de baja variabilidad analizado como el caso de referencia de este Roadmap.

El RTS ya integra cambios considerables en términos de ahorro de energía y emisiones de CO₂ en la industria del cemento, en respuesta a políticas y promesas anunciadas e implementadas. Por ejemplo, la intensidad de la energía térmica del Clínter se reduce en

un 8% y la intensidad de electricidad del cemento es reducida en un 9% para 2050 por debajo de los niveles actuales en el RTS global. La contribución de los combustibles fósiles a la mezcla global de energía térmica en el cemento cae un 12% en el mismo periodo. La relación Clínter a cemento se mantiene estable en el tiempo. 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 despliegue a largo plazo, con emisiones capturadas de carbono que representan el 3% del total generado de emisiones de CO₂ en el cemento como sector global en 2050. Por lo tanto, el acumulado de inversiones estimadas adicionales de esta visión aumentarían a 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 mantuviera sin cambios a nivel mundial.

Figura 12: Necesidades acumulativas de inversión por escenario para 2050



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.



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



1.3.4

Principales acciones Roadmap CSI 2018

El Roadmap CSI 2018 ha determinado las principales acciones a realizarse hasta el año 2050, agrupándolas por eje de reducción. Las cuales pueden ser responsabilidad de la Industria o de los gobiernos, o de responsabilidad compartida, según sea el caso. Estas acciones se indican a continuación.

Eficiencia energética

- Eliminación de los subsidios al precio de la energía.
- Eliminación gradual de los hornos de secado largo e ineficientes y procesos de producción húmedos.
- 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

- Despliegue de la economía circular.
- Fortalecimiento de regulaciones de gestión de residuos y dar prioridad al coprocesamiento de residuos versus su incineración o su disposición en vertedero.
- Intercambio de las mejores prácticas internacionales en trazabilidad y monitoreo de impactos.
- Capacitación de autoridades en permisos, control y supervisión. Ampliar la conciencia pública de los beneficios de la optimización de la gestión de residuos.

Factor Clínter

- Desarrollar estándares y códigos de cemento y concreto 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 ético y responsable de los materiales de construcción.
- Esfuerzos de I + D en potenciales adiciones que actualmente no se pueden usar 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-privado.
- Alcanzar la demostración a escala comercial para la captura de carbono mediante el uso de oxícombustible en la producción de cemento y obtener experiencia en el funcionamiento a gran escala de tecnologías de postcombustión en plantas de cemento.
- Coordinar la identificación y demostración de las redes de transporte de CO₂ a nivel regional, nacional y nivel internacional para optimizar el desarrollo de la infraestructura.
- Cooperación internacional para armonizar los enfoques para selección segura de los sitios de operación, mantenimiento, monitoreo y verificación del almacenamiento permanente de CO₂.
- Desarrollar marcos regulatorios para CCS coordinados internacionalmente, además educar e informar al público y las partes interesadas sobre almacenamiento de carbono y de este modo construir aceptación social.
- Recompensar las inversiones en energía limpia y la provisión de flexibilidad a las redes energéticas locales, por ejemplo, incentivos fiscales para el excedente de recuperación de calor.

Materiales aglomerantes alternativos

- Apoyar la demostración, prueba e investigación en etapas tempranas para cementos a base de aglomerantes alternativos, y desarrollar estándares para facilitar el despliegue del mercado.
- Continuar el despliegue comercial de materiales aglomerantes alternativos.

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

- Avanzar hacia mecanismos de fijación de precios internacionales del carbono estable y efectivos incluyendo paquetes de estímulo financiero y medidas complementarias para compensar las presiones asimétricas de precios en los diferentes mercados.
- Fortalecimiento e implementación de las normas de construcción con el objetivo de lograr la neutralidad de carbono en el ámbito de la construcción en todo su ciclo de vida.
- 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, incluyéndolos en las políticas de contratación pública.
- Formación de arquitectos / ingenieros en la aplicabilidad de las mezclas de hormigón bajas en carbono y cementos adicionados, fomentando oportunidades de diseño ecológico en edificios e infraestructura.

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 clínker, eficiencia energética, coprocesamiento, factor clínker y la intensidad de emisiones de CO₂ asociada.

Tabla 1: Principales indicadores y trayectorias 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 Clínter a Cemento	0,64	0,63	0,60
Intensidad de Energía Térmica del Clínter (Gj/t clínter)	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 ₂ en el Proceso del cemento (tCO ₂ /t cement)	0,33	0,30	0,24
Intensidad de Energía Directa de CO ₂ en el Proceso de cemento (tCO ₂ /t cement)	0,19	0,16	0,13
Total Intensidad Directa de CO ₂ en el cemento (tCO ₂ /t cement)	0,52	0,46	0,37

Fuente Elaboración propia en base a Roadmap CSI 2018

1.4

Papers ECRA - 2017

En el año 2017, CSI decidió iniciar un proyecto junto con ECRA para actualizar la perspectiva de las tecnologías disponibles para la reducción del CO₂ 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.

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 20 corresponden a la incorporación de nuevas tecnologías. Estos documentos representan una visión global de los principales ejes en la reducción de CO₂ en la producción de cemento, además de sus oportunidades y barreras para su implementación.

Estos papers se pueden agrupar en 7 grandes temas:

- 1 Eficiencia térmica
- 2 Eficiencia eléctrica
- 3 Uso de primas alternativas. biomasas, combustibles y materias
- 4 Reducción cemento. del contenido de Clínker en el cemento.
- 5 Nuevos cementos.
- 6 Captura y almacenamiento de carbono.
- 7 Captura y uso del carbono.

Papers ECRA: Tecnologías para la reducción de CO₂

Los 52 documentos conocidos como Papers Tecnológicos son aplicaciones específicas para la reducción de CO₂, los que van desde tecnologías en uso hasta desafiantes innovaciones para la producción futura de cemento.

Eficiencia Energética: Papers 1 al 12

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 Clínter 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.
12. Materias primas alternativas descarbonatadas para la producción de Clínter.

Combustibles Alternativos: Papers 13 al 17

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

Eficiencia Eléctrica: Papers 31 al 37

31. Reducción adicional del contenido de Clínker en cemento mediante uso de escorias granuladas de alto horno.
32. Cementos y concretos de alto desempeño que reducen el CO₂.
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 puzolanas (arcillas) naturales calcinadas.
37. Reducción adicional del contenido de Clínker en el cemento mediante el uso de otros materiales.

Nuevas Materias Primas: 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 carbón, almacenaje y uso: Papers 43 al 52

43. Tecnología de oxcombustible.
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 CO₂: Productos químicos básicos, urea, ácido fórmico, polímeros.
49. Uso de CO₂: Energía a gas (Metano: CH₄).
50. Uso de CO₂: Energía a líquidos (Metanol: CH₃OH).
51. Uso de CO₂: Recuperación mejorada de petróleo.
52. Uso de CO₂: Captura en algas y producción de combustible, biocombustibles.



FICEM está preparando un artículo sobre Tecnología e innovación para reducir CO₂ en la industria del cemento basado en los Papers ECRA 2017, donde se realizan las adecuaciones a la realidad de Latinoamérica para su implementación, además tiene un módulo para una lectura integra de los distintos aportes de estas tecnologías bajas en carbono



La industria del cemento de Chile 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, las organizaciones internacionales con los fines de lograr las metas propuestas en la COP 21, que son las metas de 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 posteriormente a revisión o análisis internacional por entidades acreditadoras o certificadoras y agencias gubernamentales. Un MRV -al generar data comparable y transparente-, ayuda a los países, organizaciones, empresas y partes interesadas a entender las fuentes y tendencias de emisiones; facilita el intercambio de esta información y buenas prácticas;

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 (REP) en residuos, impuestos verdes, entre otras.

A continuación, veremos la historia y desarrollo de los MRV desde la COP21, así como los requisitos, condiciones y alcances de ellos; y describiremos el denominado sMRV FICEM y como 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 y tiene por objetivo que los países se comprometan a mantener la temperatura media mundial bajo los 2°C, respecto a los niveles preindustriales, para lo cual se deberá reducir drásticamente las emisiones de GEI proyectadas. Las acciones emprendidas por los distintos países en pro de este objetivo se ven reflejadas en el instrumento internacional denominado NDC, los que entrarán en vigor el año 2020 y se revisarán cada 5 años mediante un mecanismo transparente 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 las emisiones, las acciones de mitigación y de apoyo, y para reunir esta 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 reducciones 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 independiente para establecer su integridad y confiabilidad.

A la fecha no existe un sistema único de MRV derivado del Acuerdo de París, existiendo solo criterios básicos y referencias para la elaboración de estos mismos por parte de los gobiernos, sectores económicos y otros grupos de interés.

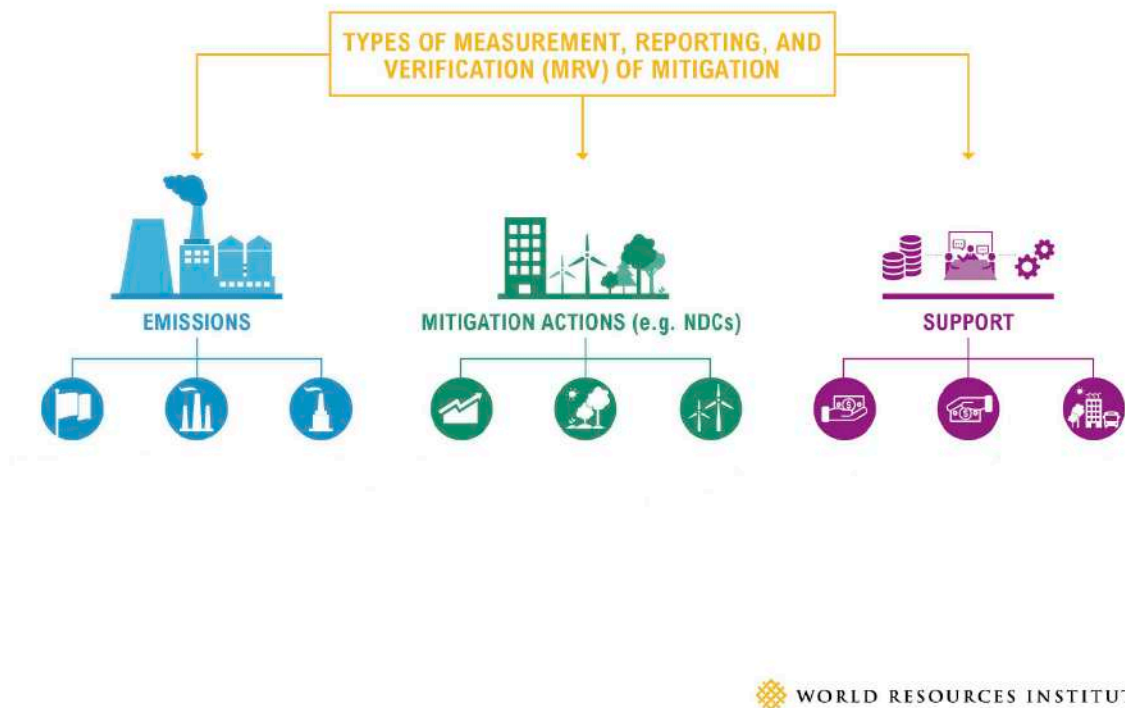
2.1.2

MRV 101

Understanding Measurement, Reporting, and Verification of Climate Change Mitigation

En agosto del año 2016, WRI publicó un documento denominado “*MRV 101: Understanding Measurement, Reporting, and Verification of Climate Change Mitigation*”, documento que examina el concepto MRV e identifica tres tipos de MRV relacionados con la mitigación. Estos son:

Figura 13 Varios tipos de MRV relacionados con la mitigación



Fuente: MRV WRI.PDF



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: Energía; Procesos Industriales y Uso de Productos; Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra; y 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 estacionarias, fuentes móviles, de 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 GEI y desarrollo sostenible, así como 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 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 son el resultado de la invitación realizada por la CMNUCC para actualizar las Directrices del IPCC de 1996 y la orientación de buenas prácticas asociada (Orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero y 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 fuentes y gases nuevos, así como el ajuste de los métodos publicados con anterioridad.

La actualización de las Directrices del IPCC de 2006 se ha estructurado de manera 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 se 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 el IPCC.

Nivel 2: La aplicación de este nivel requiere datos sobre la cantidad de combustible quemado en la categoría de fuentes 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, tecnología de combustión, condiciones de operación, tecnología de control, calidad del mantenimiento y tiempo de uso del equipo utilizado para quemar el combustible. Es decir, en este se toma en cuenta la dependencia de las variables y parámetros tecnológicos.

2.1.4 Protocolo GHG

El “Protocolo de Gases de Efecto Invernadero” (GHGP por sus siglas en inglés) 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:

- Permite 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.

- Su metodología permite la medición de las emisiones de GEI directas e indirectas. Las emisiones indirectas se refieren a aquellas emisiones de las que una empresa es responsable más allá de sus paredes, tales como los bienes adquiridos y los servicios, el transporte y la distribución y uso de los productos vendidos.
- Permite utilizar una visión intersectorial.



2.2

MRV industria del cemento

2.2.1

Emisiones de CO₂ asociadas a la producción de cemento (Scope 1, 2 y 3)

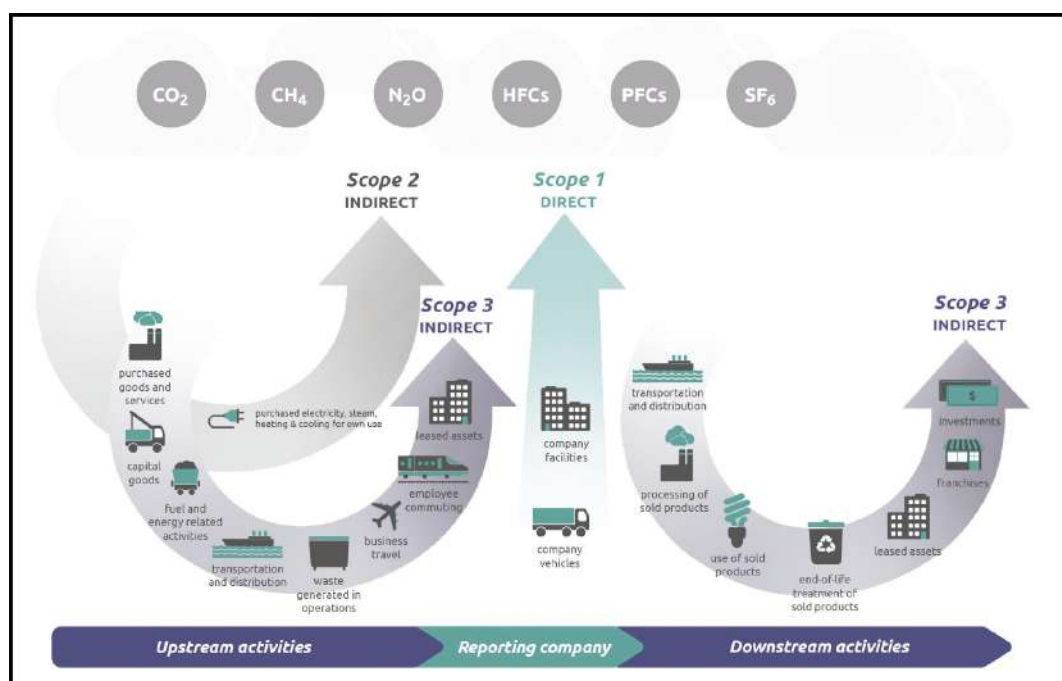
Conocer las emisiones totales de GEI en la industria del cemento se relaciona, casi exclusivamente, a sus emisiones de CO₂. Debido a lo anterior, los protocolos asociados se focalizan en este tipo de emisiones, por lo que los términos CO₂ o CO₂eq pueden ser usados indistintamente.

Para medir el CO₂ asociado al cemento se han determinado tres alcances: Alcance 1 (emisiones directas en la producción de cemento), Alcance 2

(consumo de energía eléctrica) y Alcance 3 (emisiones indirectas upstream y downstream, como son, por ejemplo: las actividades mineras, transportes en la cadena de valor, distribución del producto, uso del producto, entre otras).

En la siguiente Figura 14 se muestra una descripción general de los alcances y emisiones de GEI en toda la cadena de valor.

Figura 14 – Alcances para la estimación de las emisiones



2.2.2

Alcance 1 y 2 del sector cemento: Protocolo de energía y CO₂ para la producción de cemento

El Protocolo de Energía y CO₂ para la producción de cemento es una metodología para calcular y reportar emisiones de CO₂ propuesta el año 2001 por CSI. 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 CO₂ en el sector cementero. Además, se alineó estrechamente con el Protocolo GHG desarrollado el WBCSD y el WRI.

Respecto a la medición y al reporte, el Protocolo CSI de CO₂ para el Cemento:

Es una herramienta flexible que satisface necesidades, tales como: administración interna del desempeño ambiental, reportes ambientales corporativos y públicos, reportes bajo esquemas de impuestos CO₂, reportes bajo esquemas de cumplimiento de CO₂ (acuerdos voluntarios o negociados, comercio de emisiones), benchmarking de la industria y análisis del ciclo de vida del producto.

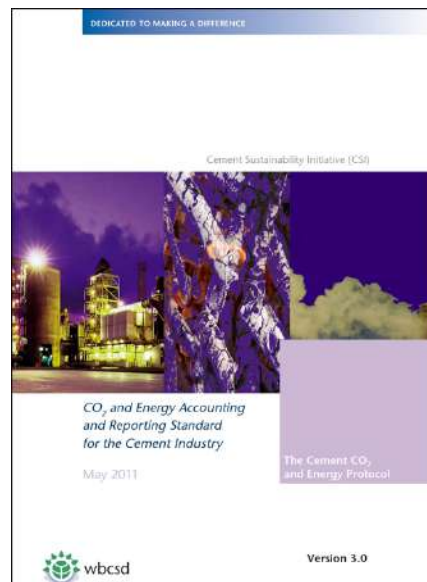
Los métodos de cálculos utilizados en este protocolo son compatibles con las directrices del IPCC-2006 y con el protocolo de WRI/WBCSD. Esto permite a las empresas cementeras informar sus emisiones de CO₂ a los gobiernos nacionales de acuerdo con los requisitos del IPCC.

Incluye todas las emisiones asociadas al Alcance 1 y Alcance 2.

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 CO₂, y un manual de operación, 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.

Respecto a la verificación, el Protocolo CSI de CO₂ para el Cemento:

CSI trabaja en alianza con PwC 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 conforme la metodología del WBCSD - CSI. Las empresas cementeras reportan información relativa a indicadores de emisión de CO₂ y eficiencia energética. Además, existe un protocolo para la verificación externa de la data de planta, lo cual es realizado por entidades evaluadoras externas debidamente calificadas



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 CO₂ para la producción de cemento (Alcance 1 y 2). Fue elaborada por CSI, en colaboración con el WBCSD y distintas empresas cementeras junto a 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 CO₂ y sin CO₂) 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 materias primas y actividades vinculadas al transporte

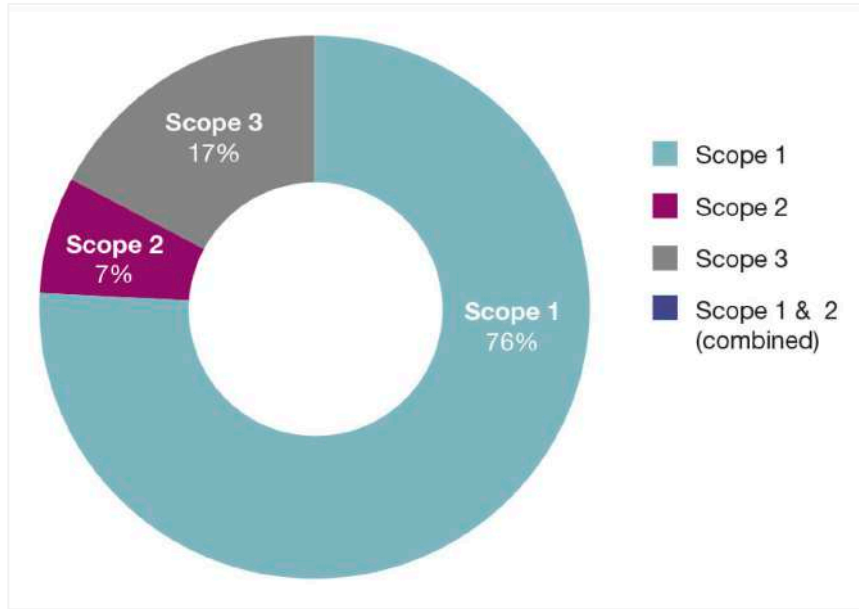
que no son propiedad de la empresa cementera o controlados por ella; actividades relacionadas con la electricidad, por ejemplo, pérdidas de transmisión y distribución; actividades subcontratadas; eliminación de residuos, etc.

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 dónde están los puntos críticos de emisión.
- Identificar los riesgos de recursos y energía.
- Identificar qué proveedores son 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 CO₂, pero conocer las emisiones de CO₂ del Alcance 3 es necesario para determinar el CO₂ en el ciclo de vida del cemento. Por ejemplo, de acuerdo con estadísticas de Italcementi, estas emisiones representan un 17% del total de las emisiones que surgen de toda la cadena de valor (Figura 15). Mientras que el Alcance 1 concentra la mayor cantidad de emisiones (76%), el Alcance 2 representa tan solo el 7% de emisiones.

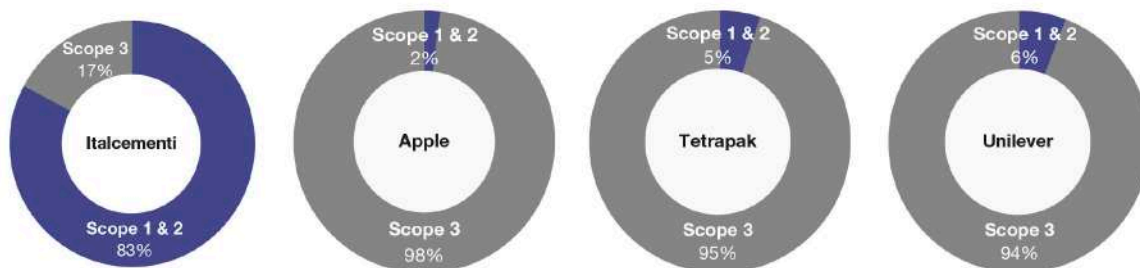
Figura 15: Emisiones en la producción de cemento según alcance



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 (producción de manzanas o envases) concentran gran parte de sus emisiones en el Alcance 3, como podremos apreciar en la siguiente gráfica. Por ello, la importancia dada por el WBCSD de implementar protocolos para determinar las emisiones en todos los Alcances.

Figura 146 – Emisiones en diferentes industrias según alcance



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.

En base a lo señalado, 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 de Formato CSI Cement CO₂ and Energy Protocol – Versión 3.1, consolidarlos en una base de datos relacional, adicionar datos de referencia tales como hojas de ruta, estándar CSI, datos globales de GNR, datos globales del Banco Mundial, etc. 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 enfocándose 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 se encuentran en cerca de un 83% en los Scope 1 y 2, por lo que sMRV FICEM ha utilizado dicho criterio para la elaboración de la presente Hoja de Ruta de Chile.

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.
- Unión de indicadores calculados a 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 CO2 and Energy Protocol Versión 3.1. (de aquí 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, bajo los principios de transparencia y confidencialidad.

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. Todo lo anterior, realizado bajo los principios de confidencialidad y transparencia.

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, 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 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: La EEV recibe la información indicada en el punto anterior, luego valida la presentación y suficiencia de dicha información, para luego entregárselos a FICEM. Además, codifica aquellos datos o nombres propios que puedan permitir la identificación individual de una planta y Compañía.

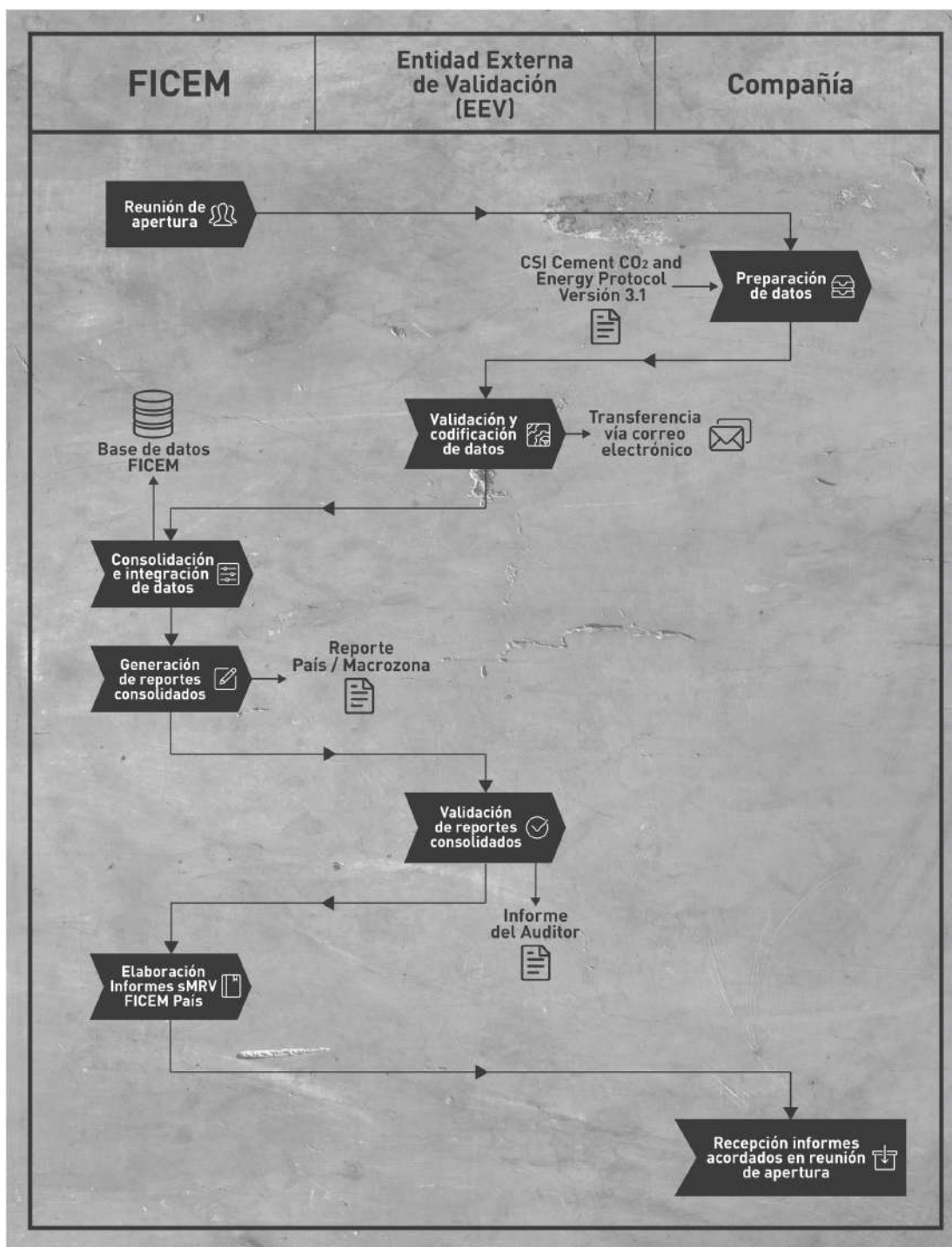
3. CONSOLIDACION DE DATOS; GENERACIÓN DE DATASETS y REPORTES: Los datos recibidos por FICEM desde la EEV son cargados en el sMRV FICEM obteniéndose una base de datos con información consolidada de acuerdo con lo establecido en el punto 4.

4. LA EEV VALIDA INFORMACIÓN DE DATASETS CONSOLIDADOS: La EEV recibe la información procesada por parte de FICEM y valida que ella sea consistente con aquella entregada a FICEM de acuerdo con el punto 2.

5. INFORME DEL AUDITOR: La EEV procede a emitir el Informe del Auditor donde declaran que se ha 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 es remitido en forma exclusiva a FICEM. El alcance de la participación de la EEV abarca solo hasta este punto.

6. INFORMES sMRV FICEM: Luego del punto anterior, FICEM pone a disposición del proceso de elaboración de Hoja de Ruta País y/o Macrozona, los informes que sean necesarios de acuerdo con los antecedentes generados por el presente Protocolo.

Figura 17- 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 hacia una economía baja en carbono, que representa el compromiso de la industria cementera latinoamericana en la reducción de emisiones de CO₂.

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,

con el fin de ratificar su compromiso en la reducción de emisiones de CO₂ hacia una economía baja en carbono, aprobaron dicha Hoja de Ruta FICEM, la cual se detalla en el presente capítulo.

En esta reunión del 2 de febrero de 2017, además, 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.



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 (WBCSD) y los objetivos regionales para enfrentar el cambio climático.
- objetivo 2** Construir la línea base de emisiones de CO₂ en la industria regional, mediante la implementación de un sistema para la Medición, Reporte y Verificación FICEM (MRV FICEM), usando la data reportada en el protocolo Getting the Numbers Right (GNR).
- objetivo 3** Determinar el potencial de reducción de CO₂ por país y planta, basado en la eficiencia energética e innovación para la producción de Clínker y Cemento en Latinoamérica.
- objetivo 4** Identificar las acciones para implementar el potencial de reducción de CO₂ en nuestro 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, sino por el contrario y con el propósito de trabajar de manera conjunta con la industria global del cemento, la Hoja de Ruta FICEM 2017 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 CO₂ y posicionar al cemento y al concreto como los materiales de construcción más resilientes para la adaptación al cambio climático. A continuación, el detalle de cada una de ellas.



Herramienta 1

GNR como sistema de medición, revisión y verificación

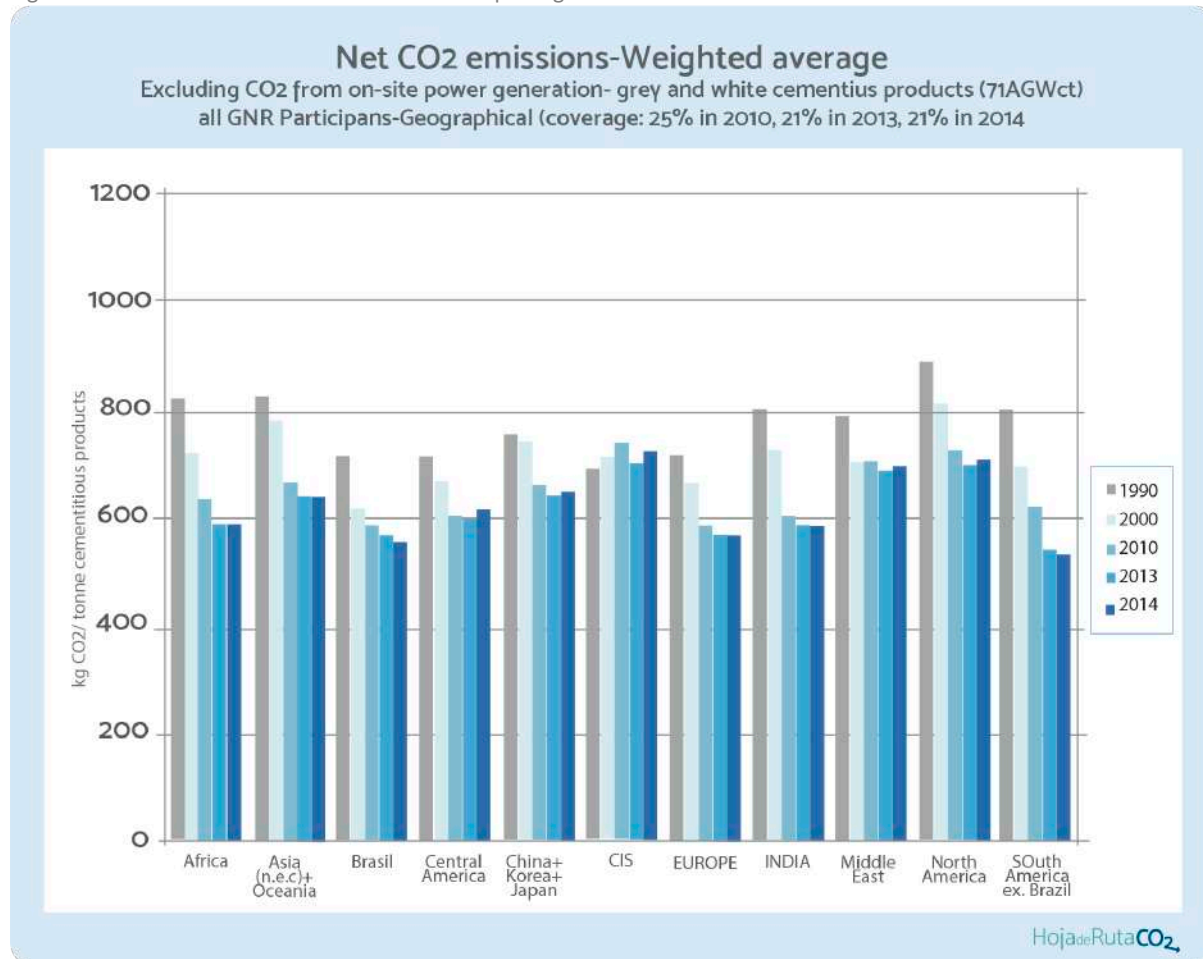
GNR no sólo nos sirve para entender los potenciales de reducción de CO_{2eq} en la industria y los desempeños comparados de los ejes de reducción ya descritos en el capítulo GNR de este informe, sino que además en la actualidad se posiciona como un MRV de alto desempeño, para los requerimientos de las autoridades locales y sus compromisos suscritos en la COP 21.

En la búsqueda de materializar esta oportunidad, en FICEM generamos una alianza con PwC Latam para desarrollar el protocolo que, mediante el uso de los datos existentes en GNR de nuestros países, sean estos los antecedentes que los gobiernos puedan utilizar para estimar correctamente nuestras emisiones y, además, proyectar el real potencial de reducción.

El 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_{2eq} por hornos ya que, sólo como referencia, el medir el CO_{2eq} en chimenea en forma continua necesita de una inversión que puede alcanzar valores superiores a 100.000USD. Además, esta medición en chimenea no valoriza los esfuerzos de reducción que realizamos al incorporar, por ejemplo, biomasa a nuestra matriz energética.

En la siguiente Figura 18 se puede apreciar los indicadores con que cuenta la región, siendo la región con 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 nuestra competitividad.

Figura 18: Ponderado de emisiones netas de CO₂ por región



Fuente Getting the Numbers Right (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 planeta, hemos decidido contar con diez indicadores, que aseguren mejorar nuestro desempeño en la reducción de CO₂eq, así como 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 CO₂eq por tonelada de cemento producida
- 3 Aporte de la industria a las emisiones locales y globales de la industria
- 4 Potencial de reducción de CO₂eq 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
- 8 Aporte a las Emisiones de CO₂ asociado al transporte en la producción de cemento.
- 9 Publicación de 7 papers FICEM
- 10 Número de Alianzas: PWC - EIA – CSI - The Nature Conservancy – Gobiernos

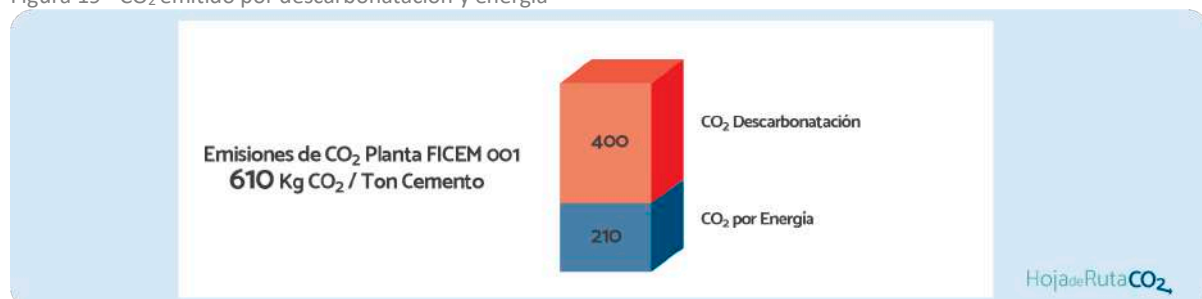


Herramienta 3 Calculadora FICEM y módulo potencial de reducción

Definición

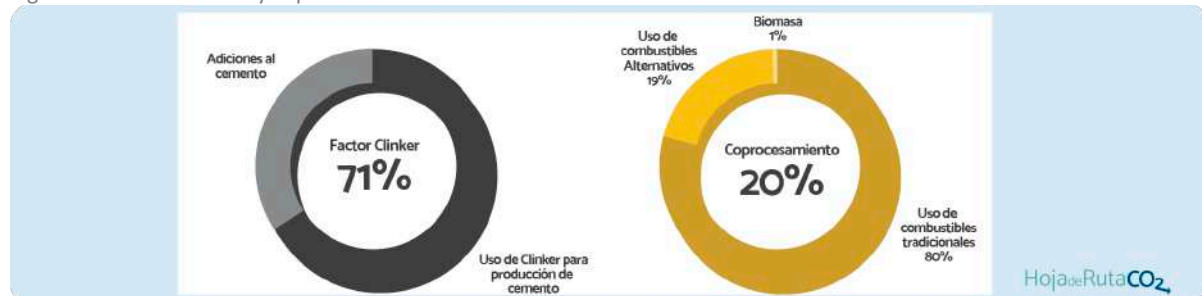
La Calculadora FICEM es un conjunto de herramientas informáticas, procedimientos y protocolos operacionales desarrollados por la Federación Interamericana de Cemento FICEM, que cumple los requisitos de un sistema MRV y agrega capacidades de sistema experto en la optimización multidimensional del proceso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

Figura 19 - CO₂ emitido por descarbonatación y energía



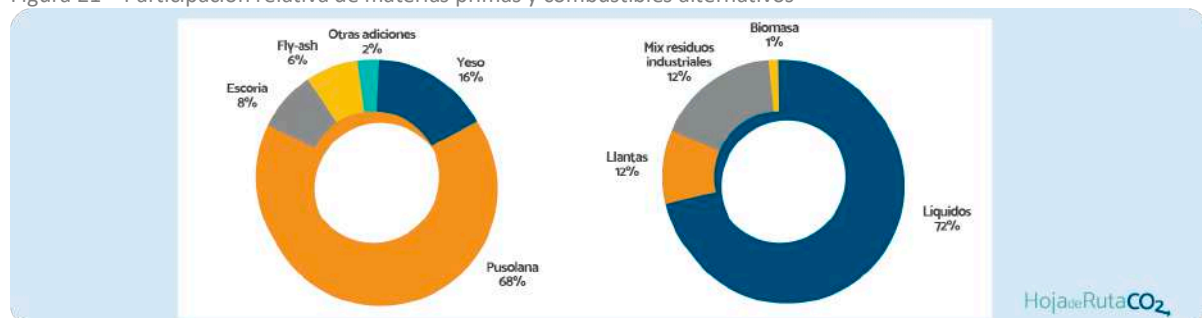
Fuente: Modelación de uso MRV FICEM

Figura 15 - Factor clinker y coprocesamiento



Fuente: Modelación de uso MRV FICEM

Figura 21 – 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 de 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 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 data 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-

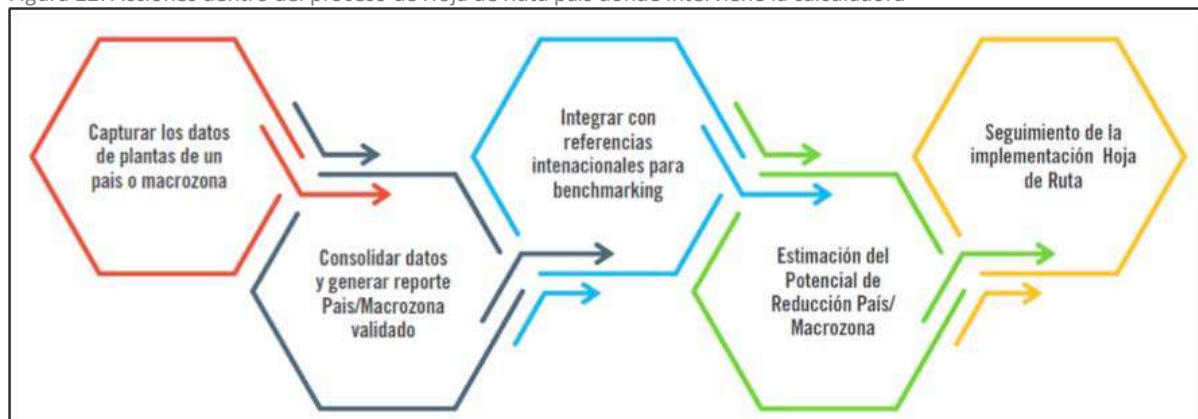
Techniques in Cement Manufacturing: Trying to Look Ahead, Revisión 2017", desde donde se extrajo los valores de indicadores para planta de referencia y percentiles.

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 tanto directas como indirectas.

La Calculadora cuenta con un panel de control que permite ajustar la intensidad de aplicación para cada Technology Papers, para cada eje de reducción (Eficiencia Térmica, Eficiencia Eléctrica, Combustibles Alternativos y Reducción de Contenido de Clínter) configurando con esto 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 NDCs o el efecto de impuesto verde o transferencia de emisiones.

Figura 22: Acciones dentro del proceso de Hoja de Ruta país donde interviene la calculadora





Herramienta 4 Investigación y desarrollo

Con el fin de facilitar y acelerar el conocimiento para cumplir con los requerimientos de mitigación y adaptación se ha definido que: eficiencia energética, coprocesamiento, factor Clínter, captura de CO₂eq, 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. Lo anterior, teniendo como referencia la última publicación de los Papers Tecnológicos de la ECRA 2017.

El objetivo para FICEM es generar la información con calidad científica, que respalde el potencial de reducción de CO₂ en la industria actual y que además demuestre a las partes interesadas, el potencial de reducción de CO₂ en el uso del cemento en vivienda e infraestructura resiliente.

Papers 1 - Tecnología e Innovación de reducir CO₂ 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 integral de los distintos aportes de estas tecnologías bajas en carbono.

Papers 2 - Uso de residuos para el coprocesamiento. En él se determinan las oportunidades y barreras para valorizar residuos como uso de energía alternativa en el cemento y, además, se sensibiliza los impactos sociales de estos residuos en el ambiente.

Papers 3 - Uso de residuos para el reemplazo de materias primas. Este artículo avala el alto potencial de reducción de este eje y, como, además, es una solución para residuos industriales tales como: Ceniza, Escorias, entre otras. Se aborda también los marcos regulatorios que facilitan esta sinérgica solución.

Papers 4 - Vivienda Sostenible en concreto. Dado que una de las principales fuentes de emisión de CO₂ es el uso de energía para el acondicionamiento térmico en viviendas y edificio, en este documento se demuestra 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 CO₂ asociadas. También se incorpora los atributos para la adaptación al cambio climático que el cemento y concreto generan, como materia líder en resiliencia.

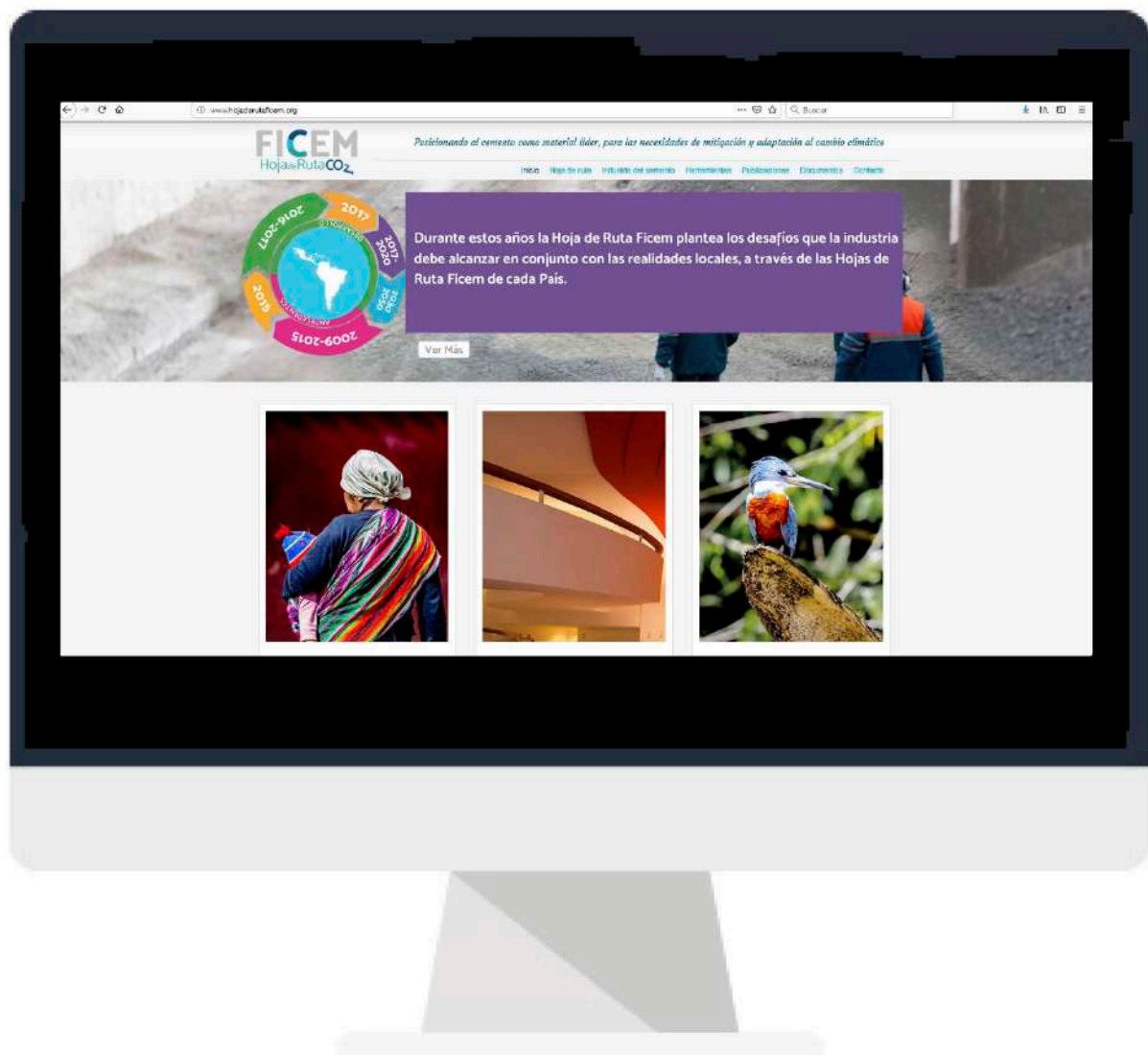
Papers 5 - Pavimentos Resiliente en Concreto. En este documento se demuestra las reducciones de CO₂ de pavimentos en concreto vs en asfalto, debido al ahorro de combustibles en transporte, vida útil y menores efectos térmicos en ciudades.

Papers 6 - Transportes Sostenibles de Materias Primas y Productos. Consolidación de mejores prácticas logísticas en el transporte de: calizas, puzolanas, residuos y cemento, cuyos ahorros de combustibles generan una reducción asociada en emisiones de CO₂ por uso de combustibles.



Herramienta 5 Centro de Información Virtual

El Centro de Información Virtual es una plataforma de información y de interacción con el objeto de contar con una fuente oficial donde se respalda toda la documentación utilizada para la elaboración de esta Hoja de Ruta. Por ejemplo, se encuentran 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.



Fuente: www.hojaderutaficem.org

3.3

Acuerdos y alianzas FICEM

Tal como lo plantea el objetivo 17 de los ODS es necesario para el éxito de estos procesos 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 Ruta Locales, como también acompaña a la Industria Local en sus diálogos con los gobiernos respectivos, siendo esto una cooperación real para la Industria, la comunidad y los gobiernos en los esfuerzos para llevar adelante las acciones climáticas.

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 recogió 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 y demuestra que existen criterios y preocupaciones compartidas.

Hay tres documentos legales principales:

Protocolo sMRV FICEM

El cual detallamos en el Capítulo 2, y que es el procedimiento mediante el cual los países y compañías entregan sus números a través de una entidad externa de validación (PwC en este caso), 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 es 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 adherente 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 amparen y resguarden 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 objeto del Acuerdo es que FICEM a través de los equipos que ella 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 hace en el marco de la denominada Hoja de Ruta FICEM aprobada en las Asambleas de Presidentes 2016 y 2017 de FICEM.

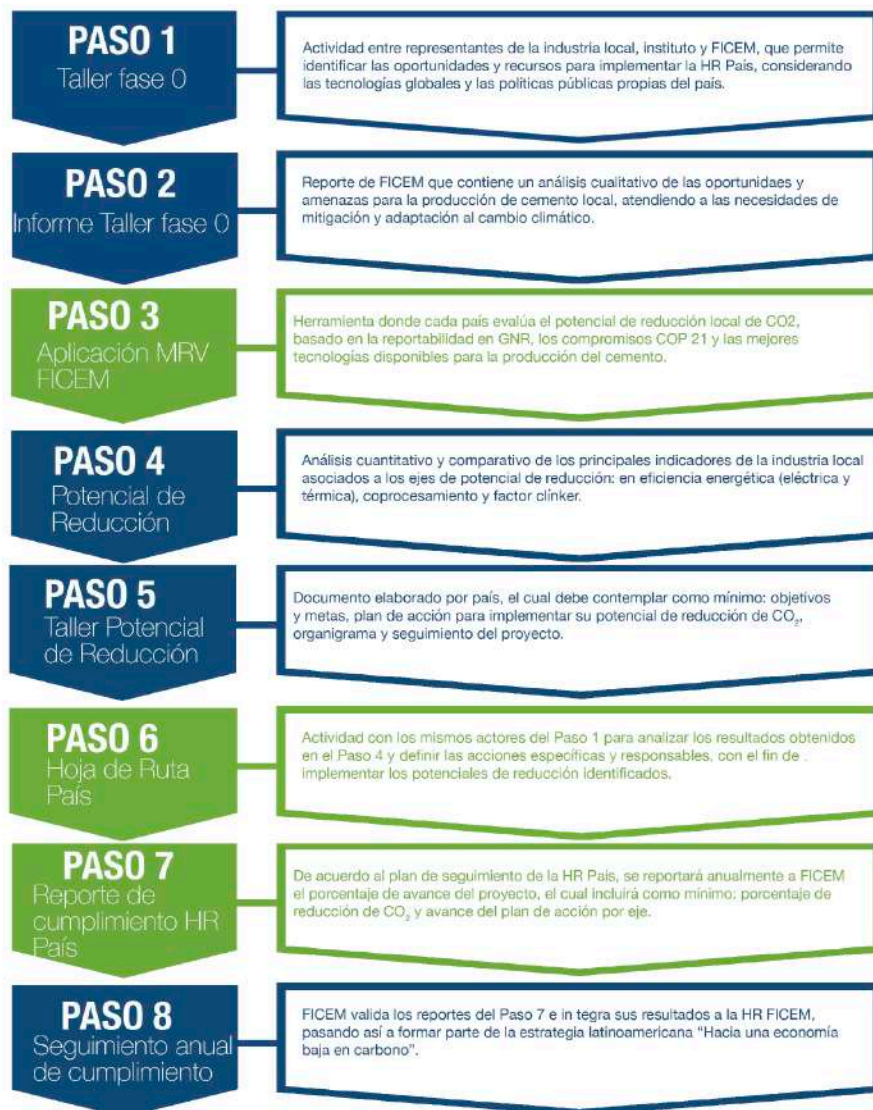
Acuerdo FICEM - PwC

Celebrado el 24 de abril del 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 que se han denominado Pasos 1 al 8, de los cuales 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, detallamos cada Paso, los 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 debiera llevar 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 debe considerar las políticas FICEM con respecto a actividades de la industria, siendo los temas tratados solo relacionados al proyecto hoja de ruta FICEM país. Deben participar en las actividades representantes de las áreas de medioambiente, operaciones y comunicaciones, como mínimo.

El objetivo de este taller es poder dar a conocer en detalle el proyecto de Hoja de Ruta FICEM, conocer los requerimientos locales en la materia como son: INDCs, NAMAs, MDLs, entre otros. Además, se debe contar con toda 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 debe evaluar la oportunidad y alcance de implementar una Hoja de Ruta país, definir los potenciales recursos, metas y objetivos de dicho proyecto. Esta información debe ser 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 principales antecedentes y conclusiones asociadas al Taller Fase 0. El contenido mínimo de este informe debe ser 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 Clínter, indicadores de referencia asociados a otros proyectos de Hoja de Ruta, políticas públicas del país (ej.: metas de reducción de emisiones de CO₂eq, requerimientos de adaptación y mitigación) e impuestos verdes. Análisis de brecha basado en la disponibilidad de antecedentes: se realizará 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 CO₂eq 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_{2eq} por país, la industria local debe disponer de la reportabilidad de GNR desagregada y/o consolidada para poder incorporar esta data a la calculadora. Con estos antecedentes se corre el modelo, con lo cual se pueden analizar los potenciales de reducción por cada uno de los ejes establecidos por CSI, comparar los niveles de desempeño con las distintas hojas de ruta existentes, determinando así las principales oportunidades de reducción por planta y por país. Lo indicado, es la base para construir las estrategias para implementar el potencial de reducción de CO_{2eq} 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. Esta calculadora cuenta además 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 la data existente, un análisis proyectado en el tiempo de las oportunidades, inversiones y costos para las reducciones posibles de CO_{2eq} 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 v/s CSI y contra las otras Hoja de Ruta existentes. Este informe cuenta con el reporte de emisiones específico asociada a uso de energía y descarbonatación de la caliza, además del nivel de cumplimiento. Se realizará además 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 la participación de 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 en específico las oportunidades de mejora en eficiencia energética, uso de residuos como energía y materias primas, factor clínker y captura como uso de CO₂eq, a fin de determinar los reales potenciales de reducción específicos y consolidados. Además, se debe proyectar en el tiempo la implementación de las oportunidades identificadas con el objetivo de generar las posibles trayectorias de reducción de la industria.

En este taller también se deben considerar los potenciales de reducción asociados al uso del cemento, tales 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 debe elaborar 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 finalmente pueden materializar las mejoras asociadas. Además, este plan deberá determinar 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 debe 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 debe contar con un organigrama, en el que se identifique claramente: Comité Ejecutivo Hoja de Ruta - Líder del proyecto Hoja de Ruta - Comité técnico - Líder técnico de Hoja de Ruta - Rol de FICEM en la Hoja de Ruta del país.

Comité ejecutivo Hoja de Ruta: lo integran directores de institutos y/o asociaciones y altos ejecutivos de la industria que participan en el proyecto. Su función radica en 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 deberá recaer, 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 y en coordinación con 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 debe ser 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

Chile y el Cambio Climático



En el presente capítulo revisaremos antecedentes generales de Chile, como su contexto económico y social, su especial vulnerabilidad al cambio climático, además de sus compromisos internacionales en estas materias.

4.1

Contexto social y económico

Chile es un país ubicado en el extremo sudoeste de América del Sur. Limita físicamente con tres países y un océano: al norte con Perú, al nordeste con Bolivia, al este con Argentina, y al oeste con el Océano Pacífico. Tiene una población superior a los 17.574.003 millones de habitantes, y una superficie total de 756.102 kms².

Chile se ubica a lo largo de una zona altamente sísmica y volcánica (Cinturón de fuego del Pacífico), debido a la subducción de las placas de Nazca y Antártica en la placa Sudamericana. El relieve chileno está integrado por la depresión intermedia (que cruza diametralmente el país), rodeada por dos sistemas montañosos que componen cerca del 80% del territorio: la cordillera de los Andes al este y la cordillera de la Costa al oeste.

De acuerdo con el Banco Mundial, Chile es un país de ingreso alto, con un PIB al año 2018 de 298.798 millones USD con una tasa de crecimiento anual cercano al 4%.

En materia socioeconómica, el NDC de Chile menciona que:

"A pesar del avance de Chile durante la década del 90 en la cobertura de servicios como salud y educación, surge como un desafío mejorar la calidad de éstos. En esta línea, los altos grados de desigualdad de la economía chilena y la existencia, aunque menor, de grupos vulnerables con insuficiente protección social, son tareas pendientes."

Otro aspecto importante de destacar en esta materia es el porcentaje de familias que no cuentan con un techo para vivir o viven en viviendas de mala calidad, que en Chile alcanza el 23%.

En cuanto a infraestructura vial del país, es en general deficitaria, pero ha ido mejorando sostenidamente en las últimas décadas.

4.2

Chile y el cambio climático

Vulnerabilidad al cambio climático

De acuerdo con las cifras de pobreza establecidas por el Banco Mundial, y los déficit en infraestructura, Chile es particularmente vulnerable a los efectos del Cambio Climático, situación que amenaza a su población, su patrimonio, la producción de alimentos y los medios de subsistencia, impidiendo que el desarrollo económico y social prosiga de manera sostenible.

"Chile es un país altamente vulnerable a los impactos del Cambio Climático: el bajo nivel de las costas a lo largo de su territorio, el régimen nival y glacial de sus ríos, los tipos de bosques que posee y reforesta, sus océanos, fuente de la pesca que constituye un recurso clave para Chile, son características que conciernen los 9 criterios establecidos en el artículo 4° de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)."

En el mismo sentido, el 5° Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático destaca para el país los severos impactos que enfrenta en sus recursos y ecosistemas, en particular para la pesca y acuicultura, los recursos hídricos, la biodiversidad, el sector silvo-agropecuario, la temperatura y la pluviometría." (INDC Chile, 2015)

Como veremos en los siguientes puntos, la vulnerabilidad resulta esencial para entender porqué las políticas climáticas chilenas tienen su prioridad en las actividades y acciones destinadas a la mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático.



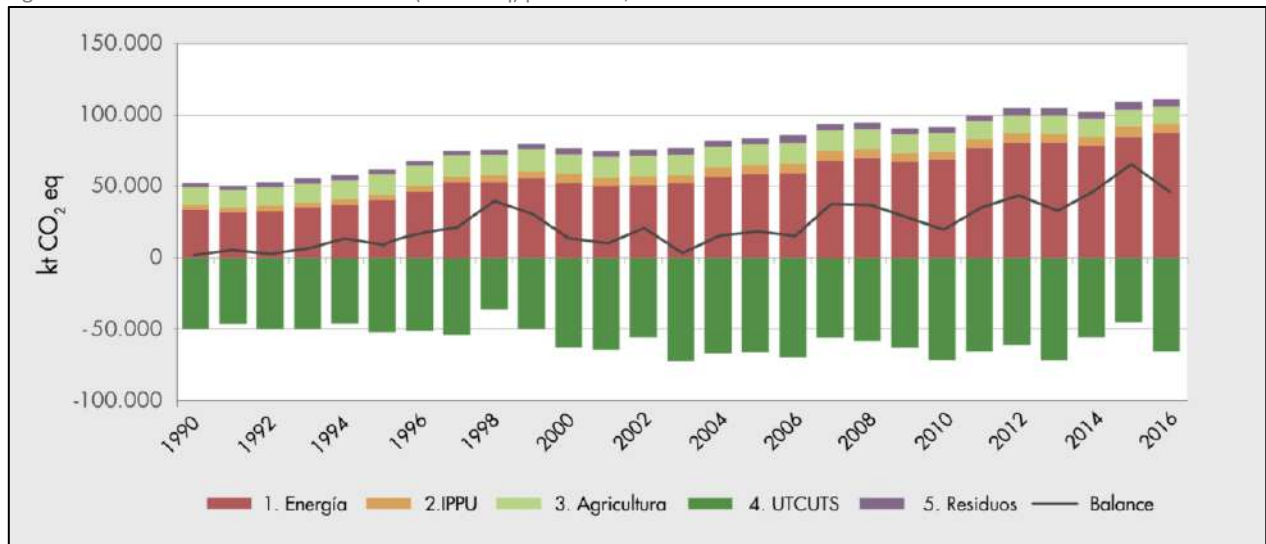
Emisiones y absorciones de CO₂

Con respecto a sus emisiones de CO₂, en la gráfica del Tercer Informe Bienal de Actualización de Chile sobre Cambio Climático (Figura 23) se puede apreciar un crecimiento sostenido en las emisiones de CO₂ en el país, lo cual se correlaciona con el crecimiento de las últimas décadas, reafirmando la directa relación entre desarrollo y emisiones de CO₂ asociadas, alcanzando más de 100 millones de toneladas de CO₂ para el año 2016, frente a los 50 millones de CO₂ del año 1990. A pesar del crecimiento sostenido en sus emisiones, estas representan menos del 0,3% del total mundial.

En la gráfica también se aprecia la gran capacidad de absorción de CO₂ por parte del sector UTCUTS, la cual se ha mantenido relativamente estable durante la serie temporal.

Más detalles sobre este Informe se verá en el punto 4.4 del presente capítulo.

Figura 23 - INGEI de Chile: Balance de GEI (kt CO₂ eq) por sector, serie 1990-2016



Fuente: Tercer Informe Bienal de Actualización de Chile sobre Cambio Climático (2018).

4.3

Políticas climáticas

El Banco de Desarrollo de América Latina (CAF) publicó en junio de 2018 “La Guía de buenas prácticas para la adaptación de las carreteras al clima CAF 2018”, un documento que muestra los distintos niveles de avance en el establecimiento de políticas climáticas en Latinoamérica y El Caribe.

En la Figura 24 se puede apreciar que Chile cuenta con una Estrategia y/o Política, la cual corresponde al NDC; un Plan de Acción, el cual corresponde al Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022; además de acciones de adaptación de carreteras.

Figura 24 - Instrumentos de gestión de cambio climático en países de Latinoamérica.

Instrumentos de gestión cambio climático	Legislación	Estrategia y/o Política	Plan de Acción	Acciones de adaptación de carreteras
ARGENTINA		SÍ		
BARBADOS		SÍ		
BOLIVIA	SÍ	SÍ	SÍ	
BRASIL	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
COLOMBIA	Proyecto Ley	SÍ	SÍ	SÍ
COSTA RICA		SÍ	SÍ	
CHILE		SÍ	SÍ	SÍ
ECUADOR	SÍ	SÍ	SÍ	
EL SALVADOR		SÍ	SÍ	SÍ
GUATEMALA	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
HONDURAS	SÍ	SÍ		
JAMAICA		SÍ		SÍ
MÉXICO	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
NICARAGUA		SÍ		SÍ
PANAMÁ	SÍ	SÍ		
PARAGUAY		SÍ	SÍ	SÍ
PERÚ	Proyecto Ley	SÍ	SÍ	SÍ
REPÚBLICA DOMINICANA		SÍ	SÍ	
TRINIDAD Y TOBAGO		SÍ		
URUGUAY		SÍ	SÍ	
VENEZUELA		SÍ		

NDC Chile

La Contribución Nacional de Chile (Nationally Determined Contribution – NDC por sus siglas en inglés) fue publicada en septiembre del año 2015 (antes de las conversaciones climáticas de la COP21). Dentro de sus principales elementos se menciona una reducción del 30% con recursos propios, y una reducción entre 35% a 45% con el apoyo técnico y financiero de la comunidad internacional, de sus emisiones de GEI totales proyectadas al año 2030, con respecto al año base 2007 (Ver Figura 25).

Se considera una cobertura de todo el territorio chileno, con alcance en los siguientes sectores: Energía, Procesos Industriales, Utilización de disolventes y otros productos, Agricultura (incluye al sector pecuario), Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) y Residuos. Los gases incluidos en la contribución son CO₂, CH₄, N₂O, HFC y PFC. A la fecha esta propuesta se mantiene sin actualizaciones.

Figura 25 - Metas de reducciones INDC.

INDC o NDC País	Reducción Voluntaria (%)	Reducción Condicionada (%)	Total Reducciones (%)
Argentina	18	19	37
Chile	30	5 a 15	35 a 45
Colombia	20	10	30
Costa Rica	44	NP	44
Guatemala	11,2	11,4	22,6
Honduras	NP	15	15
Panamá	NP	NP	NP
Perú	20	10	30
República Dominicana	NP	25	25

NP: No presenta esta reducción.

1.- Argentina utiliza como unidad rebajas de MtCO₂e

2.- Chile utiliza factor relacionado al PIB

3.- República Dominicana utiliza intensidad per cápita comparada con año base.

Es importante señalar que Chile presenta su contribución usando el formato de intensidad de emisiones (toneladas de CO₂ eq por unidad de Producto Interno Bruto -PIB- en millones de CLP\$2011). Adicionalmente, se optó por separar al sector UTCUTS del compromiso nacional de mitigación. Lo anterior

remite a una decisión metodológica, puesto que las capturas y emisiones del sector presentan alta variabilidad anual, además de ser un sector poco independiente de la trayectoria del crecimiento económico nacional.

Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022

El Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022 (PANCC II) fue desarrollado con la colaboración de 13 ministerios y otros servicios con competencias en materia de cambio climático. Este instrumento de política pública está enfocado en la implementación efectiva de medidas base para la adaptación al cambio climático y para la reducción de la vulnerabilidad de Chile, contribuyendo, al mismo tiempo, al cumplimiento de los compromisos internacionales del país ante la CMNUCC.

El plan de acción cuenta con 16 objetivos específicos y 30 líneas de acción que se materializan en 96 medidas, divididas en cuatro ejes de acción: adaptación, mitigación, medios de implementación y gestión del Cambio Climático a nivel regional y comunal.

Entre las principales medidas se destaca la elaboración de nueve planes sectoriales de adaptación al cambio climático. De ellos, cuatro están implementándose (sector Silvoagropecuario, en Biodiversidad, para Pesca y Acuicultura y del sector Salud). Además, se reforzará la red de estaciones de monitoreo de la Dirección Meteorológica de Chile y se generarán mapas de vulnerabilidad climática, para apoyar la toma de decisiones en los territorios.

En el capítulo 3 del PANCC se describen los ejes de acción en materia de adaptación y mitigación. En el caso de la mitigación, el plan menciona diversas líneas de acción en el ámbito sectorial y transversal:

1. Acciones de Mitigación del Sector Energía.
2. Acciones de Mitigación del Sector Transporte.
3. Acciones de Mitigación Silvoagropecuario.
4. Acciones de Mitigación para la edificación, urbanización e infraestructura pública.
5. Acciones de Mitigación Multisectoriales.

Dado que la industria cementera chilena ocupa un rol importante en la construcción de infraestructura del país, a continuación, se presenta un extracto del PANCC relativo a las Acciones de Mitigación para la edificación, urbanización e infraestructura pública bajas en carbono (página 48 del PANCC II).

La Política Nacional de Desarrollo Urbano (PNDU) señala que es clave propiciar la construcción sustentable de la ciudad, cuestión que involucra tanto el ámbito de su planificación y diseño, como la materialización de los proyectos y edificaciones en equilibrio con su entorno. Avanzar hacia una ciudad sustentable considera también la gestión eficiente de la energía, el manejo de los recursos naturales y los residuos; y, por consiguiente, una reducción de la generación de emisiones de GEI. Esto ha impulsado que, desde la gestión pública del territorio, se propicien acciones tendientes a reducir la huella de carbono derivada del proceso de urbanización, edificación y provisión de infraestructura pública, reduciendo los efectos del cambio climático. La responsabilidad institucional en este sentido radica principalmente en los ministerios de Obras Públicas (MOP), y de Vivienda y Urbanismo (MINVU), en coordinación con el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) a quien compete la función de proporcionar los insumos de estudios, evaluaciones y sus actualizaciones pertinentes para abordar tales acciones.



Es así como el MOP, en 2016, ha actualizado su Política de Sustentabilidad Ambiental, contemplando la mitigación entre sus líneas de acción. En coherencia con esta política, el MOP ha elaborado el Plan de Acción de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático, el que tiene como objetivo específico “propender hacia la construcción de obras de infraestructura MOP baja en carbono”.

Por su parte, el MINVU, en el marco de la Estrategia Nacional de Construcción Sustentable, presentó la guía de Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas y el Manual de Elementos Urbanos Sustentables. Con ello, además de mejorar el

desempeño ambiental de la vivienda asumiendo las diferentes situaciones geográficas y climáticas presentes en el país, se busca reducir las emisiones de GEI propias del proceso constructivo y de su operación. Por su parte, el Manual de Elementos Urbanos Sustentables, busca promover diseños y modalidades constructivas que optimicen el uso de recursos, haciéndolos más amigables con el medio ambiente y garantizando durabilidad.

Otras políticas climáticas

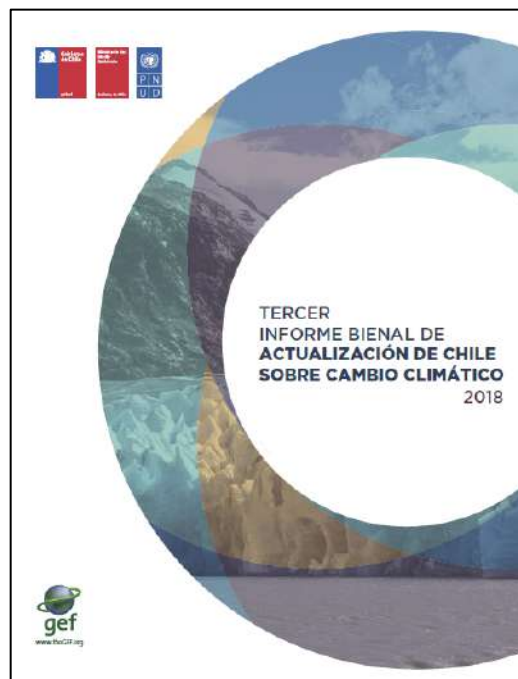
- a) El Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero de Chile contiene las medidas institucionales, jurídicas y de procedimiento establecidas para la actualización bienal del Inventario Nacional de Chile.
- b) La Agenda Nacional de Energía, liderada por el Ministerio de Energía, contiene las siguientes metas: (1) 30% en reducción de costos marginales de energía eléctrica al año 2018, (2) 20% de la matriz energética se deberá componer de energías renovables no convencionales al año 2025, (3) 20% de reducción del consumo proyectado de energía al año 2015, y (4) diseño de una estrategia de desarrollo de energía de largo plazo.
- c) La Estrategia Nacional de Construcción Sustentable, liderada por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo, establecerá los lineamientos para incluir el desarrollo sustentable en el área de la construcción. Esta estrategia busca articular y vincular, en el corto, mediano y largo plazo, los planes energéticos y ambientales vigentes estableciendo objetivos en materia de energía, agua, residuos y salud.
- d) Acciones Nacionalmente Apropriadas (NAMAs) en todos los sectores de la economía.
- e) El impuesto a las emisiones de CO₂, aprobado por la Reforma Tributaria (Ley 20.780 de octubre del año 2014), entró en vigor en enero del año 2017. Esta reforma establece un impuesto anual (US\$5 por cada tonelada emitida de CO₂) que grava el CO₂, entre otros gases, producidos por establecimientos cuyas fuentes fijas sumen una potencia térmica igual o mayor a 50 MWt (megavatios térmicos).
- f) El impuesto a la venta inicial de vehículos livianos (Ley 20.780) grava las emisiones de CO₂ indirectamente, es decir, cobra un mayor impuesto en forma inversa al rendimiento de los vehículos. Este impuesto entró en vigor en diciembre del año 2014.

4.4

Tercer informe bienal cambio climático 2018

El “Tercer Informe Bienal de Actualización de Chile sobre Cambio Climático” es un documento presentado

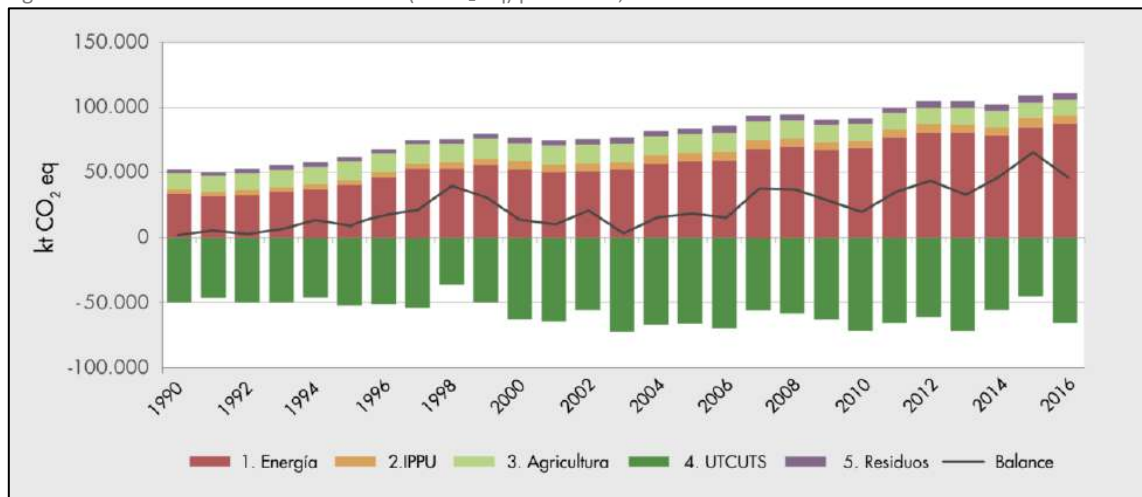
por Chile ante la CMNUCC en el marco de la COP24 en Katowice, Polonia (noviembre del 2018)



Este documento de 397 páginas contiene el “Quinto Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero” (INGEI), un informe que identifica (1) las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono CO₂, metano CH₄, óxido nitroso N₂O, hidrofluorocarbonos HFC y hexafluoruro de azufre SF₆) entre 1990 y 2016, (2) el sector del que provienen, (3) y las medidas de mitigación para evitar que aumenten.

Este inventario abarca todo el territorio nacional. El INGEI es elaborado según el Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero de Chile (SNICHILE), diseñado e implementado por el Área de Inventarios de GEI de la Oficina de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente (OCC del MMA), siguiendo las directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Figura 25: INGEI de Chile: Balance de GEI (kt CO₂ eq) por sector, serie 1990-2016



Fuente: Tercer Informe Bienal de Actualización de Chile sobre Cambio Climático (2018).

Según este inventario:

- El balance de GEI¹ de Chile alcanzó los 46.185,2 kt CO₂eq
- Durante 2016, las emisiones de GEI totales² del país fueron de 111.677,5 kt CO₂ eq, 114,7% más que en 1990 y 7,1% más que en 2013.
- El principal GEI emitido fue el CO₂ (78,7% del total), seguido del CH₄ (12,5 %), N₂O (6,0 %), y los Gases fluorados (2,8 %).
- El sector Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) es el único que absorbe GEI en el país, manteniéndose como sumidero durante toda la serie temporal, lo que lo convierte en uno de los sectores más relevantes por su potencial de mitigación. En el 2016, el balance de GEI contabilizó -65.492,3 kt CO₂ eq, aumentando su condición de sumidero en un 30,8% desde 1990, y disminuyéndola en un 8,9% desde 2013, esto por el efecto de las emisiones provocadas por los incendios forestales
- El sector Energía es el principal emisor nacional de GEI, representando el 78% del total de emisiones (87.135,6 kt CO₂ eq) en 2016. La principal causa es el aumento del consumo energético del país, principalmente el uso de carbón mineral y de gas natural para la generación eléctrica, y el consumo de combustibles líquidos (diésel y gasolina) en el transporte terrestre.
- Dentro de las “Actividades de quema de combustible”, categoría considerada en el sector Energía que representa el 98,9% de las emisiones, la subcategoría “Industrias de la energía” es la que más aportó GEI con el 41,5% del total, seguida de un 31,3% de “Transporte”, 18,7% de “Industrias manufactureras y de la construcción” y, finalmente, un 8,5% de Otros sectores.
- Respecto a subcategoría “Transporte”, en 2016, las emisiones de GEI contabilizaron 26.936,4 kt CO₂ eq, incrementándose en un 191,8 % desde 1990 y en un 8,4 % desde 2013, debido al crecimiento del parque automotriz nacional inducido por la expansión de la población, el mayor poder adquisitivo y el mejoramiento de la infraestructura vial en el país.
- Por otro lado, en la categoría “Emisiones fugitivas de combustibles”, que representa un 1,1% de las emisiones del sector energía, la subcategoría petróleo y gas natural es la de mayor relevancia, con un 90,8% de emisiones, seguida de “Combustibles sólidos” con el 9,2% restante.

¹ El término “balance de GEI” refiere a la sumatoria de las emisiones y absorciones de GEI (incluyendo el sector UTCUTS), expresadas en dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq).

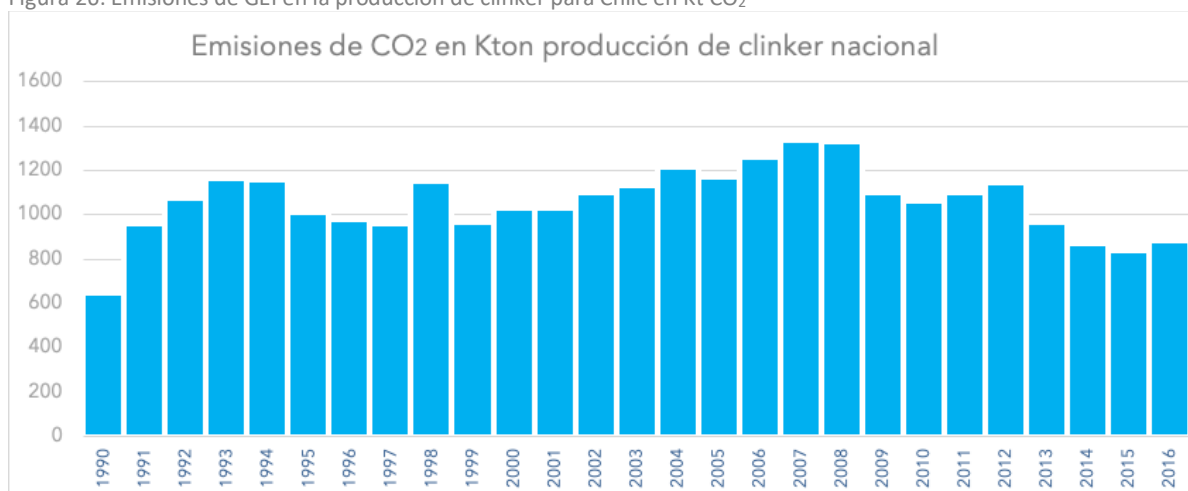
² El término “emisiones de GEI totales” refiere a la sumatoria de las emisiones de GEI nacionales (excluyendo las fuentes de emisiones y sumideros de absorción del sector UTCUTS), expresadas en dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq).

- El sector Agricultura representó el 10,6 % de las emisiones de GEI totales (11.801 kt CO₂ eq) en 2016, disminuyendo en un 14,7 % desde 1990 y en un 11,5 % desde 2013, debido a la baja de la población del ganado bovino y ovino que se ha registrado durante la última década. Esto a pesar del aumento sostenido que han tenido el ganado porcino y aves de corral; y el uso de fertilizantes nitrogenados.
- El sector IPPU, en el cual se encuentran las emisiones directas del sector cementero, representó el 6,2% de las emisiones de GEI totales (6.939 kt CO₂ eq) en 2016, incrementándose en un 110,6% desde 1990, y en un 12,9% desde 2013. Las principales causas corresponden al alza sostenida de las producciones de hierro y acero, cal, ácido nítrico, cemento, y el incremento del uso de los HFC en la refrigeración. Respecto a las categorías, el 41,4 % de las emisiones de GEI corresponden a “Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono”, seguido de un 23,1 % de “Industria de los minerales”, un 19,1 % de “Industria de los metales”, 10,6 % de “Industria química”, un 3,9 % de “Manufactura y utilización de otros productos” y, finalmente, un 1,9 % de “Productos no energéticos de combustible y uso de solventes”.
- El sector Residuos incluye las emisiones resultantes de procesos microbiológicos que

ocurren en la materia orgánica de residuos sólidos bajo degradación anaeróbica y del tratamiento anaeróbico de aguas residuales domésticas e industriales. Este sector representó el 5,2 % de las emisiones de GEI totales (5.801,1 kt CO₂ eq) en 2016, incrementándose en un 95,4 % desde 1990 y en un 9,1 % desde 2013, debido al aumento de la población y sus residuos generados. Respecto a las categorías, el 74,2 % de las emisiones de GEI corresponden a “Disposición de residuos sólidos”, seguido de un 24,7 % de “Tratamiento y descarga de aguas residuales”, 1,0 % de “Tratamiento biológico de residuos sólidos” y, finalmente, un 0,01 % de “Incineración y quema abierta de residuos”.

Otro punto que se destaca en el Informe son las emisiones de GEI en la producción de cemento en la serie temporal 1990 – 2016, información que se presenta en la Figura 26.

Figura 26: Emisiones de GEI en la producción de clinker para Chile en Kt CO₂





La adecuada fijación de estrategias de desarrollo, en armonía con las estrategias nacionales para enfrentar el cambio climático, es clave para la industria cementera chilena. La importancia otorgada por Chile a las medidas de adaptación implica establecer el discurso y las prioridades coincidentes con estas estrategias, como sería, por ejemplo, trabajar en temas tales como: Pavimentos Resilientes, Vivienda Social e Infraestructura en general, dadas las características y ventajas del cemento como uno de los materiales de construcción más resilientes al cambio climático.



5

Elaboración Hoja de Ruta FICEM-Chile

En este capítulo se presentan los resultados de la ejecución de los Pasos 1 al 5 para la elaboración de la HR Chile, de acuerdo con lo descrito en el Capítulo 3. El proceso se inició con la realización del Taller Fase 0 (Paso 1) en Santiago de Chile el 23 de abril del año 2018, y finalizó con el desarrollo del Taller de Potencial de Reducción (Paso 5) el 3 de agosto del mismo año. La totalidad del proceso contó con la activa participación del ICH y FICEM, la industria del cemento local (Empresas Polpaico, Bío-Bío y Melón), asegurando la correcta adecuación de esta Hoja de Ruta a la realidad local, tanto desde la perspectiva de la producción, como del uso del cemento en Chile.

Otra instancia relevante en el proceso de elaboración de la HR Chile fue la aplicación del SMRV-FICEM, que dio como resultado un reporte de los principales indicadores de producción y emisiones de CO₂ para la producción de cemento del año 2014 de las 3 compañías participantes. En este proceso la empresa independiente PwC cumplió el rol de verificador externo.

Con la información generada por el SMRV y la aplicación de la Calculadora FICEM, se determinaron los potenciales teóricos de reducción de CO₂, además de los análisis comparativos internacionales, información relevante para definir las acciones futuras de la industria, tanto en adaptación como mitigación para los efectos del cambio climático en Chile.

Cabe destacar la importancia del Taller de Potencial de Reducción, donde se logró determinar con mayor precisión las brechas y oportunidades para alcanzar los potenciales de reducción identificados en los Pasos 1 al 4 de este proceso.

Además, se debe mencionar el carácter prioritario, para Chile y sus autoridades, atribuido a la identificación de las mejores tecnologías y buenas prácticas en materia de eficiencia energética para los distintos sectores que aportan GEI, y que, en el caso del cemento a nivel internacional, encuentra su referencia en el Roadmap CSI y los Papers ECRA.



5.1

Adaptación al cambio climático y la industria del cemento

Tal como se revisó en el capítulo 4, y como se analizó en los Talleres Fase 0 y Potencial de Reducción, Chile es vulnerable a eventos climáticos, tales como: sequías, inundaciones, marejadas, incendios, que ya han sido responsables de grandes pérdidas humanas y materiales. Por este motivo, los esfuerzos de las políticas climáticas de Chile se han enfocado no solo en las medidas de mitigación de GEI, sino que también en las necesidades de adaptación a estos eventos. Lo anterior, requiere la construcción de ciudades e infraestructura con diseños y materiales que aseguren la resiliencia necesaria.

Durante siglos, el cemento ha demostrado su resistencia, durabilidad y disponibilidad como material de construcción que cuenta con las características adecuadas para los nuevos requerimientos. En este sentido, la industria del cemento de Chile deberá considerar acciones que contribuyan a la ejecución de políticas climáticas, dada su experiencia en temas de infraestructura y códigos de construcción, destacándose su conocimiento en vivienda, pavimentos, entre otros.

Por ejemplo, tal como plantea la CAF en su informe revisado en el capítulo 4, respecto a las carreteras se deben evaluar condiciones tales como lluvias intensas, islas calóricas, taludes y fortificaciones inadecuadas. Estas situaciones obligan a repensar la planificación de este tipo de infraestructura, basadas en series

estadísticas climáticas de hasta 70 años, y no solo de 20 o 30 años como se ha hecho hasta ahora. En este sentido, los materiales con resistencia y durabilidad son centrales en las nuevas tendencias de planificación, siendo el cemento el material con las mayores ventajas comparativas para estos fines.

Otro ejemplo corresponde a las viviendas, las cuales deberán ser construidas con nuevas características para enfrentar fenómenos climáticos con gran poder de destrucción. Las viviendas construidas en cemento han demostrado un alto nivel de resiliencia para enfrentar estos nuevos requerimientos, dado que su materialidad asegura una mayor resistencia a lluvias y vientos de alta intensidad, temperaturas extremas y otros eventos naturales como terremotos, reduciendo significativamente el riesgo de pérdida y posicionándose como la solución más costo eficiente en este nuevo escenario.

Sequía e inundaciones son otros de los fenómenos para los cuales Chile deberá adecuar su infraestructura, tales como represas, canales, ductos, alcantarillados, plantas de tratamiento, puentes, entre otros, son indispensables no solo para enfrentar estos eventos climáticos, sino también para asegurar el uso sostenible del recurso agua.

Además de su resistencia y durabilidad, el cemento cuenta con características de impermeabilidad y conducción, requisitos básicos para la infraestructura sanitaria. Nuevas necesidades asociadas a lluvias intensas han demostrado la versatilidad de la construcción en cemento, por ejemplo, con la aparición de los pavimentos permeables, los que no solo aseguran una rápida evacuación de aguas lluvias, sino que, además, generan recargas hídricas en acuíferos subterráneos.

En conclusión, la industria del cemento en Chile tiene el desafío de posicionar el aporte del cemento a la adaptación al cambio climático en distintas instancias, especialmente en materias de vivienda, pavimentos e infraestructura. Por lo anterior, contará, entre otros

recursos, con los papers que está elaborando FICEM: Vivienda Sostenible y Pavimentos Resilientes. Este desafío implica elaborar planes que contengan acciones en los ámbitos de comunicaciones, investigación y desarrollo, como en el relacionamiento con las autoridades para mejorar y fortalecer los códigos, normas o buenas prácticas en materia de construcción, entre otros aspectos.

Todo lo anterior, se alinea con los esfuerzos de las autoridades de Chile como, por ejemplo, el Plan de Acción de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático (MOP) y los Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas y el Manual de Elementos Urbanos Sustentables (MINVU), tal como se indicó en el capítulo 4.



5.2

Mitigación de GEI y la Industria del cemento

En materia de mitigación, tal como se indicó en el capítulo 4, las políticas climáticas de Chile han definido la reducción de un 30% de emisiones al año 2030 en forma voluntaria, y condicionada a aportes internacionales de hasta un 45%. Estas reducciones se basan principalmente en el cambio de la matriz energética eléctrica y la capacidad de captura asociada a los manejos forestales.

Para el caso de las emisiones en la producción de cemento, solo se consideró en la línea base las emisiones en la producción de Clínter local, utilizando para este fin las metodologías del IPCC-2006 y sus factores de emisión. Es importante destacar que el sMRV-FICEM considera esta metodología como base de análisis y, además, incorpora otros indicadores, permitiendo identificar de mejor manera las tecnologías apropiadas para la reducción de CO₂, las cuales no solo se limitan a las emisiones directas, sino que también al aporte en disminuciones de emisiones indirectas (Alcance 2 y 3 en el ciclo de vida del cemento). Por ejemplo, el uso de residuos como combustible

alternativo no solo reduce las emisiones directas de CO₂, sino que también reduce las emisiones de GEI generadas en los rellenos sanitarios, las que se deben considerar como reducciones indirectas en la producción de cemento. Adicionalmente, el coprocesamiento es una disposición segura y definitiva de los residuos, siendo este último punto fundamental para cumplir con los objetivos planteados en la Ley 20.920, que establece el marco para la “Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y el Fomento al Reciclaje” publicada en junio del 2016 (Ley REP).

A continuación se presentan los resultados de la ejecución de los Pasos 3, 4 y 5, dentro de los que se destacan la línea base de emisiones, reducciones alcanzadas y potencial de reducción al 2030, ejes de reducción y tecnologías asociadas. Los antecedentes de este ejercicio son los resultados obtenidos en el Reporte Chile de fecha 27 de septiembre de 2018, validado por PwC (Anexo 1), la información disponible de la Calculadora FICEM, y los indicadores locales obtenidos en el Taller de Potencial de Reducción.

5.2.1

Producción de cemento y emisiones de CO₂

Producción de Cemento

De acuerdo con el sMRV-Chile, la producción de cemento reportada para el año 2014 fue de 4,2 millones toneladas, es decir, el 79% del total de cemento producido a nivel nacional, esto último de acuerdo con las estadísticas publicadas por Cement Review fueron 5,3 millones ton cemento – 2014. Esto indica que el reporte tiene una alta representatividad, superior

incluso al porcentaje de reportabilidad de GNR para Sudamérica (excluido Brasil) que es de un 59% para el año 2014.

La siguiente gráfica muestra los principales indicadores de producción.

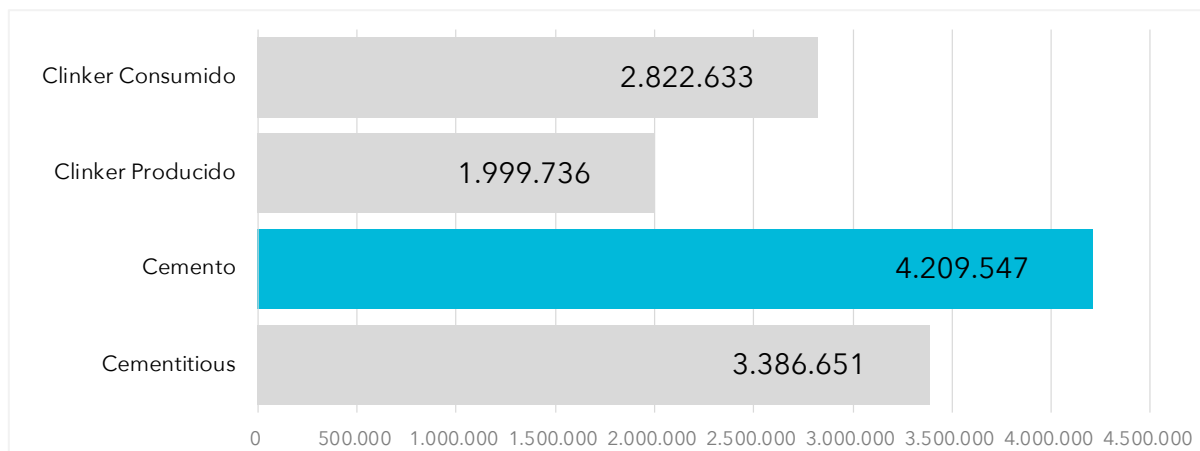


Figura 27: Principales Indicadores de producción reportada en sMRV FICEM Chile 2014 en toneladas por año

Se puede apreciar que la industria cementera chilena que participó en el reporte utiliza un alto porcentaje de Clínter externo, el que alcanza un 30% del total de Clínter consumido, efecto que genera, además, la diferencia existente entre la producción de cemento y cementitious. Estas diferencias se tuvieron presente para los análisis y benchmarking realizados en esta HR.

Si se considerara el total de la producción de cemento en Chile, el efecto del Clínter externo sería aún mayor,

debido a que el 20% de la producción de cemento que no forma parte de este reporte, son exclusivamente plantas de molienda.

De aquí la importancia de diferenciar la evaluación de las emisiones de CO₂ para el cemento y cementitious, en las cuales la incidencia del Clínter externo y sus emisiones es relevante.

5.2.2

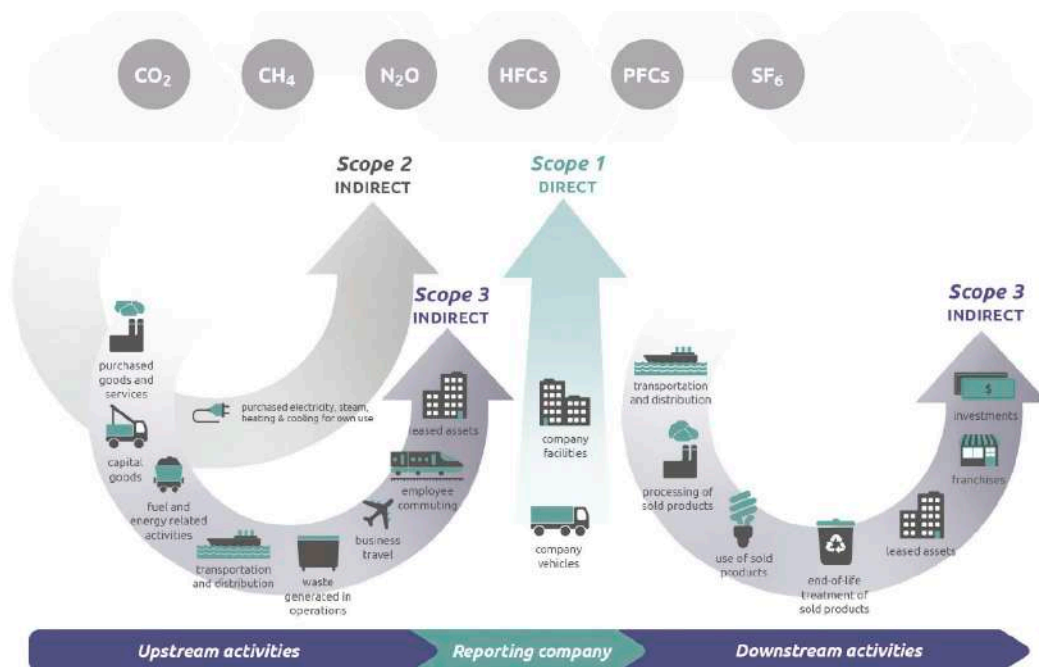
Emisiones de CO₂: Clínker y Cemento

Conocer las emisiones de CO₂ 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 clínker y cemento, considerando el Scope 1 (emisiones directas) y Scope 2 (generación eléctrica externa), tal como lo define el WBCSD.

Además, con respecto al Alcance 1, este se analiza en base a las tres categorías de emisiones que establece el Protocolo CSI 3.1, las cuales son:

- **Emisiones Directas:** son las provenientes de fuentes propias o controladas por la compañía.
- **Emisiones Brutas:** son el total de emisiones directas de CO₂ de una planta o compañía, incluyendo el CO₂ de la parte fósil de los residuos usados como combustible, pero excluyendo biomasa.
- **Emisiones Netas:** Emisiones brutas menos todo el CO₂ de la combustión de residuos (fósil o biomasa).

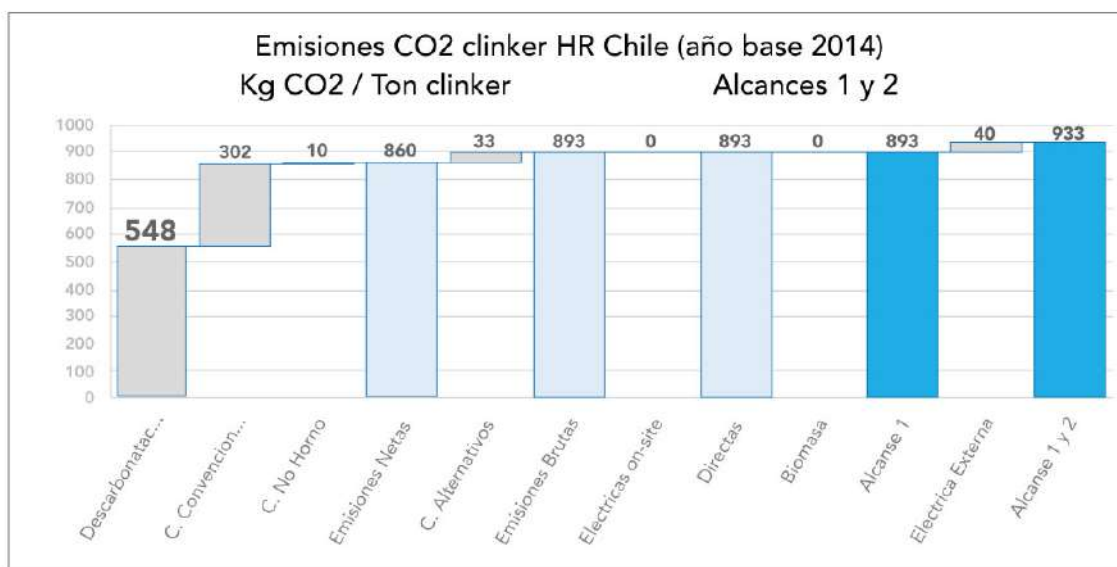


CO₂ en la producción de clínker

En la siguiente gráfica, se observan las emisiones desagregadas de la producción de Clínker, entendido el Clínker como la producción total de Clínker en hornos propios, independiente del uso o destino, destacamos que, de acuerdo con el Reporte, la producción de Clínker para el año 2014 fue de 1.999.736 toneladas.

Este indicador para el caso de Chile es uno de los más relevantes, dado que la línea base del NDC para el cemento está asociado a la producción de Clínker, al igual que la estimación de impuestos a las emisiones de CO₂ desde fuentes fijas.

Figura 28: Gráfico Emisiones CO₂ Clínker HR Chile (año base 2014).



La intensidad de emisión del Alcance 1 es de 893 Kg (CO₂/ ton clínker), valor muy cercano al establecido por CSI como valor por defecto para estimar las emisiones de un Clínker comprado (865 Kg CO₂/ ton Clínker).

La incidencia del Alcance 2 se encuentra en el orden del 4%, lo que se explica por no incluir el consumo eléctrico

de los procesos de molienda de cemento en este indicador.

La mayor proporción de emisiones se concentra en el proceso de descarbonatación, alcanzando el 61% del Alcance 1 y el 58% de ambos alcances.

Figura 29: Tabla Emisiones de CO₂ en Toneladas Alcance 1 y 2

Alcance 1	1.786.184
Alcance 2	79.989
Alcance 1 y 2	1.866.174



Otro indicador relevante basado en las emisiones de clínker local, es la estimación de las emisiones de CO₂ de la producción de cemento fabricado solo con este clínker, indicador que para el año 2014 alcanza los 581 kg CO₂/ ton Cemento.

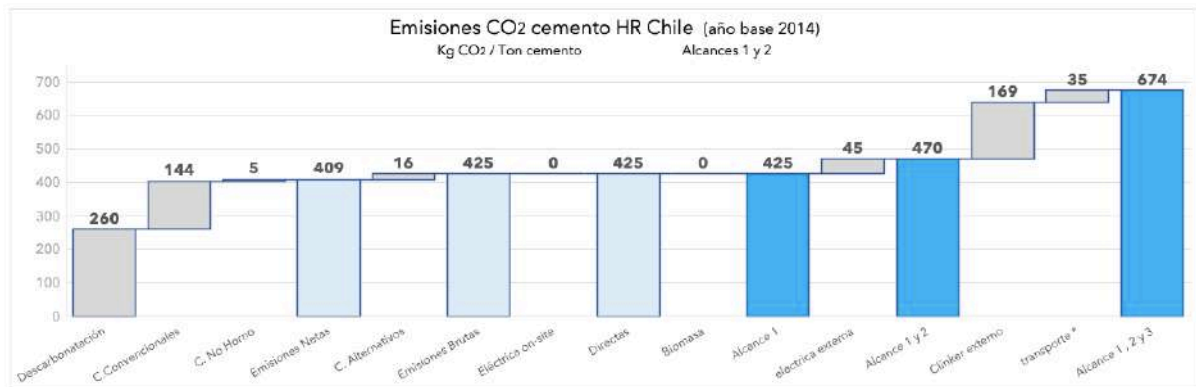


CO₂ en la producción del cemento

Este indicador fue desarrollado por el SMRV FICEM y busca representar la huella de CO₂ del producto. En su Alcance 3, este indicador considera solo el aporte de las emisiones de CO₂ del clínker externo en la medida que el clínker consumido sea mayor que el clínker producido, situación que se registra en Chile al año 2014. En la siguiente gráfica se muestran las distintas

categorías de intensidad de emisiones de CO₂ en la producción de cemento en Chile, agrupadas por tipos (netas, brutas y directas) y por alcances 1, 2 y 3, de acuerdo con el SMRV FICEM. Para el caso transporte naviero granel, se considero una distancia de 18.000 Kilometros, de acuerdo al origen actual del clínker externo usado en Chile.

Figura 30: Gráfico Emisiones CO₂ cemento HR Chile 2014.



Al comparar el aporte de emisiones en los Alcance 1 (425 Kg CO₂/ Ton cemento), Alcance 2 (45 Kg CO₂/ Ton cemento) y Alcance 3 (204 Kg CO₂/ Ton cemento), el 63% se concentra en el Alcance 1, lo que se explica por la alta incidencia del clínker externo en el Alcance 3, el cual representa más del 30% del total de emisiones. Al igual que en los casos anteriores el Alcance 2 tiene una baja participación (7%).

Es importante destacar que en el Alcance 3 existen otras emisiones no consideradas, por ejemplo “aguas arriba” las emisiones de la actividad minera y otras materias primas, preparación de combustibles entre otras y “aguas abajo” principalmente la distribución y el uso del cemento.

Figura 31: Tabla Emisiones de CO₂ en cemento en ton Alcance 1 y 2

Alcance 1	1.789.521
Alcance 2	189.430
Alcance 3	858.748
Alcances 1, 2 y 3	2.837.698

5.2.3

Reducción de emisiones y Potencial de Reducción por ejes

Como resultado del Taller de Potencial de Reducción y la aplicación de la herramienta Calculadora FICEM (en específico el módulo de los Papers ECRA 2017), se estimaron cuáles son las reducciones de emisiones de CO₂ ya efectuadas por la industria chilena del cemento hasta el año base 2014 y el Potencial de Reducción al año 2030.

Para este análisis, se utilizó como indicador base las emisiones de CO₂ asociadas a la fabricación de cemento solo con Clinker nacional del año 2014 Alcance 1 (581 Kg CO₂/Ton Cemento) y Alcance 2 (56 Kg CO₂/Ton Cemento), lo que considera las emisiones directas e indirectas asociadas a la electricidad externa. Este indicador alcanza una intensidad de emisión de 637 Kg CO₂/Ton Cemento.

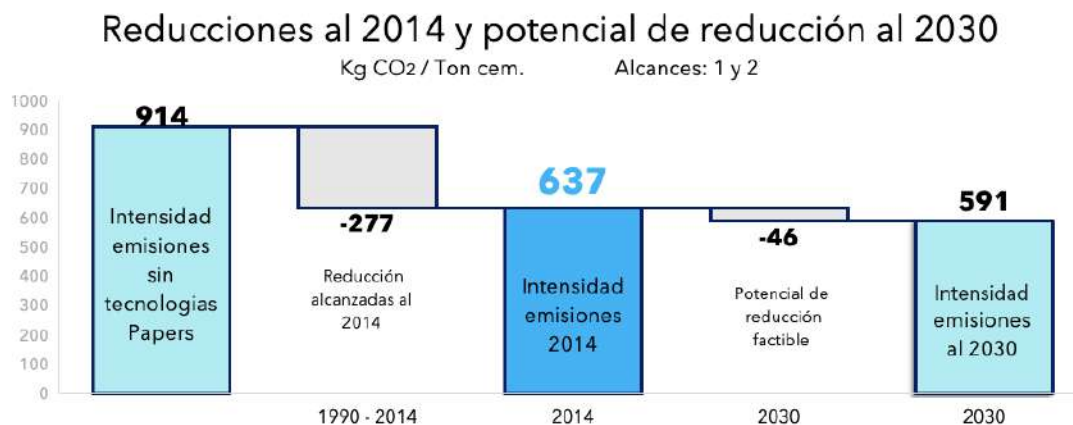


Figura 32: Gráfico Reducciones Alcanzadas y Potencial de Reducción.

Se puede apreciar que la producción de cemento en Chile, ha logrado un alto desempeño en eficiencia energética y en sus emisiones de CO₂ asociadas, alcanzado una reducción estimada de un 30% con respecto a un escenario sin implementación de los Papers ECRA-2017. Estas reducciones alcanzadas están

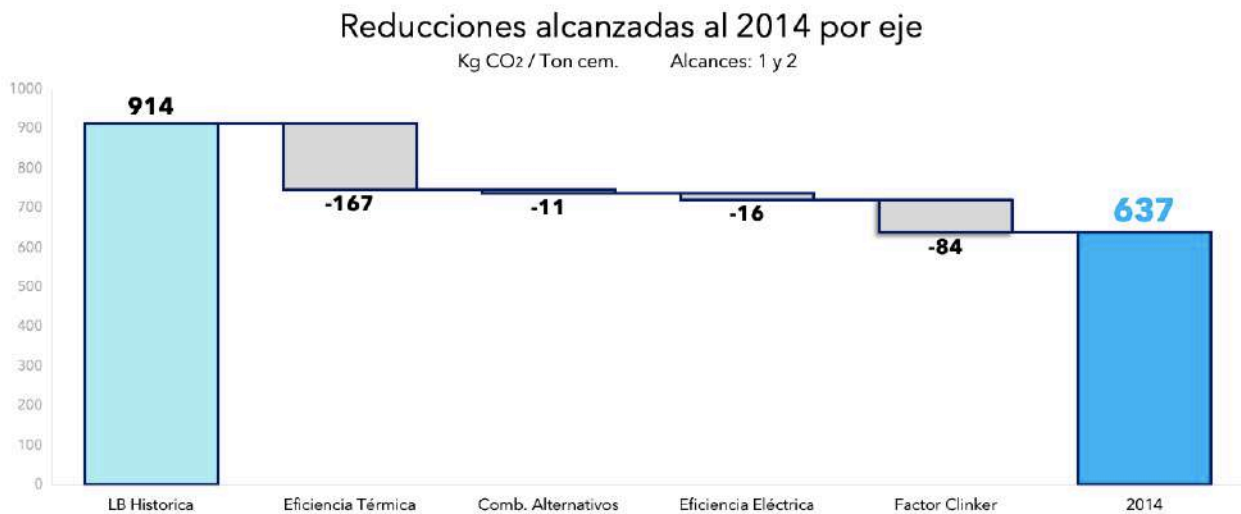
en línea con las proyecciones del Roadmap CSI al año 2030, lo cual es consistente con el bajo Potencial de Reducción remanente (7,2%) determinado en este mismo ejercicio con respecto a la Línea Base 2014. En las siguientes gráficas se muestran los aportes por ejes a las reducciones alcanzadas y proyectadas.

Reducciones alcanzadas al 2014

Considerando los criterios ya indicados, y que la intensidad de emisión es de 637 Kg CO₂/ton Cem., se modelaron las reducciones alcanzadas al año base 2014, las cuales alcanzan una reducción de intensidad de emisión de 277 Kg CO₂/ton Cem., lo que representa una

reducción estimada de un 30% hasta el año 2014. La siguiente gráfica indica las reducciones de emisiones directas (Alcance 1 y 2) alcanzadas por para la producción de Cemento en Chile.

Figura 33: Gráfico Reducciones Alcanzadas



Se puede apreciar que el 60% de las reducciones se concentran en el eje Eficiencia Térmica, mientras que el 30% corresponde al Factor Clínter, el 6% a la Eficiencia Eléctrica y el 4 % corresponde al eje de Coprocesamiento. De acuerdo con la aplicación de la

Calculadora FICEM, las principales tecnologías que contribuyen a esta reducción de 30% son resultado del uso de Hornos de última generación y de puzolana como adición en el cemento. A continuación, indicamos todos lo Papers que contribuyen a las reducciones indicada

Figura 34: Tabla Reducciones Alcanzadas por cada Paper aplicado hasta el año 2014.

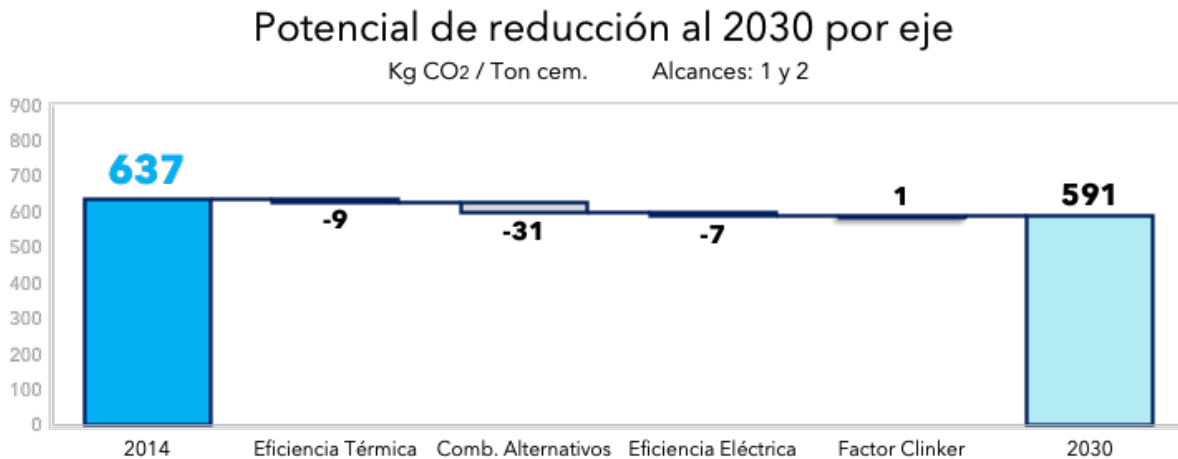
Aplicación de Tecnologías para reducir CO2 PAPERS-ECRA 2017		Alcanzadas 2014 alcances 1 y 2
TOTAL Reducciones		277
Eficiencia Termica		167
1. Mejora en la capacidad de cocción de la mezcla de materias primas		5
2. Cambio de hornos largos a hornos con precalentador / precalcinador		133
5. Aumento de la capacidad del horno		10
6. Reemplazo de quemador mono canal a quemador moderno multicanal		4
8. Enfriador de clínker de tecnología eficiente		15
Combustibles Alternativos		11
14. Combustibles alternativos (incluye biomasa), reemplazando combustibles fósiles convencionales		8
15. Pretratamiento de combustibles alternativos (molienda y secado)		3
Eficiencia Eléctrica		15
18. Optimización en el control y automatización de plantas		10
19. Variadores de velocidad		3
20. Eficiencia del sistema auxiliar de aire		1
23. Molienda de cemento con molinos de rodillos verticales y prensas de rodillos		-1
24. Separadores de alta eficiencia		2
25. Optimización de los parámetros de funcionamiento de los molinos de bolas		1
Factor Clinker		84
31. Reducción adicional del contenido de clínker en cemento mediante uso de escorias granuladas de alto horno		30
34. Reducción adicional del contenido de clínker en el cemento mediante el uso de ceniza volante		7
35. Reducción adicional del contenido de clínker en el cemento mediante el uso de puzolanas naturales		46

Potencial de Reducción 2014-2030 por eje

Considerando las tecnologías de reducción de emisiones ya implementadas al 2014, y evaluando la factibilidad técnica y económica de la implementación de nuevas tecnologías, se determinó que existe un potencial de reducción de 46 Kg CO₂/ton Cem, lo que representa un

7.2% de reducción respecto al 2014, siendo adicional al 29% ya alcanzado. La siguiente gráfica indica el potencial de reducción de emisiones directas (Alcance 1 y 2) por eje para la producción de Cemento en Chile al 2030.

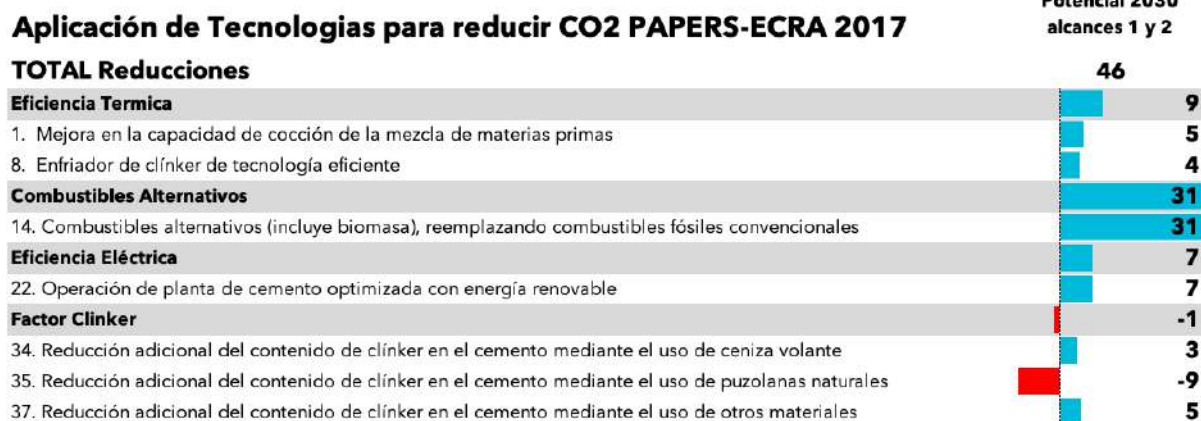
Figura 35: Gráfico Potencial de Reducción.



Se aprecian los aportes, en los Alcances 1 y 2, al potencial de reducción por eje al año 2030, donde el eje Coprocesamiento contribuye con más de dos tercios del total de reducción y si consideramos solo el Alcance 1 el aporte del coprocesamiento en la reducción de CO₂ proyectada llega al 75%, seguido del eje Eficiencia Térmica y Eficiencia Eléctrica.

Se espera un aumento del Factor Clinker debido a las futuras necesidades de construcción, lo que implicaría un aumento en las emisiones de 1 Kg CO₂/ton Cem. para este eje.

Figura 36: Tabla de Potencial Reducción estimadas por cada paper aplicado al año 2030.





El contar con indicadores de emisión con una representatividad cercana al 80% asociada a la producción de cemento asegura determinar con mayor precisión la trayectoria de las reducciones emisiones de CO₂ ya alcanzadas, como también las futuras al año 2030.

Es importante destacar el alto nivel de reducciones de emisiones alcanzadas al año 2014, por lo que este logro debiera ser conocido por los stakeholders y en especial por las autoridades responsables de las políticas climáticas en Chile.

Respecto al potencial futuro de reducción, Chile debe continuar con sus esfuerzos de coprocesamiento, no obstante, gran parte del éxito de este eje radica en involucrar a las autoridades para construir marcos normativos que estimulen la valorización de residuos y la economía circular.



5.3

Análisis comparativo de los principales ejes HR

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 CO₂ en la producción de cemento son: la intensidad de emisión de CO₂ en la producción de cemento, Factor Clínter, Combustibles Alternativos, Eficiencia Térmica y Eficiencia Eléctrica. Estos indicadores son adicionales a los de producción de clínter y cemento, ya revisados previamente. Los ejes de captura y uso de CO₂ (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 con la información disponible en GNR y del Roadmap CSI 2018, El cuadro siguiente resume las principales trayectorias de los principales indicadores de acuerdo con el Roadmap, que fueran tratados en el Capítulo 1 del presente documento.

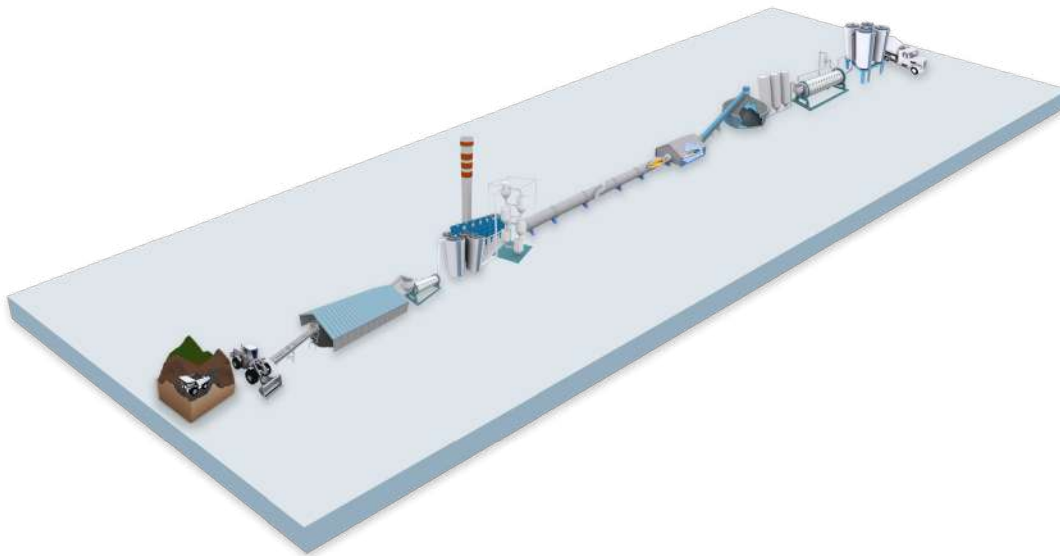


Figura 16: Diagrama esquemático del proceso de fabricación de cemento.

Comparativo Emisión Cemento Chile versus GNR.

Este indicador es considerado el más importante para estimar los factores de emisión de CO₂, de acuerdo al CSI, dado que en su producción se generan el total de las emisiones directas de CO₂ de una planta. Este indicador se representa en kilogramos de CO₂ emitidos versus las toneladas de cementitious producido que en el caso que el clinker consumido sea igual al clinker producido, este indicador es equivalente para cemento.

Para el caso de la producción de cemento de Chile, dada la alta incidencia del clinker importado (30%

considerando las 3 empresas que reportaron al SMRV FICEM) este indicador fue calculado exclusivamente para la producción de cemento con clinker nacional, utilizándose para el modelo la producción de cemento de las 5 plantas con hornos (integradas), las que representan el total de la producción del clinker nacional.

Este indicador alcanza 581 KgCO₂/ton- La siguiente gráfica muestra la comparación de las emisiones del producto con otros países y/o regiones reportados en GNR:

Pais / Región	Kg CO2/ton cemento
Austria	558
Brasil	572
Alemania	574
Chile	581
India	583
Latinoamérica	588
Polonia	617
Reino Unido	618
Francia	621
Central America	652
Asia (n.e.c.)/Oceania	655
China/Korea/Japan	657
Tailandia	697
Egipto	699
España	718
CIS	726
Middle East	726
Estados Unidos	749

En primer lugar, podemos señalar que la fabricación de cemento con clinker nacional está en una situación de baja intensidad de emisiones con sus 581 Kg/CO₂ ton cemento, este indicador es un 4,1% más alto que el país de más baja emisión que es Austria y un 22% menor que el máximo que en esta figura es Estados Unidos. El promedio mundial reportado en GNR alcanzó los 616 KgCO₂/ton

El Roadmap CSI 2018 establece que la producción de cemento mundial deberá tener un promedio de 520 Kg/CO₂ ton al 2030 y de 370 Kg/CO₂ ton al 2050, lo que implicaría una reducción de un 10% de la intensidad de emisiones en la producción de cemento con clinker nacional.

Si se considerara la fabricación de cemento solo con clinker importado, cuyo origen es, principalmente, el mercado asiático, esto aumentaría como mínimo en un 14% más las emisiones de CO₂ debido al transporte naviero.



Este indicador proyectado al 2030, se encuentra por sobre las metas del Technology Roadmap CSI que son 520 Kg/CO₂ ton de intensidad de emisión, por lo que es importante, además, de los esfuerzos que está haciendo Chile en Coprocesamiento, Eficiencia Térmica y Factor Clinker, seguir investigando nuevas tecnologías para la mitigación de sus emisiones.



Comparativo Factor Clínter HR Chile versus GNR.

El Factor Clínter se define como la razón entre la cantidad total de clínter consumido al año para producir cemento, independiente del origen del clínter y la cantidad total de cemento producido al año. En el Reporte el Factor Clínter de Chile es de un 67% promedio, además existen registros con un factor mínimo de 47% y un máximo de un 76%. En la siguiente figura se compara el Factor Clínter de Chile con países y regiones reportados en GNR.

País/Región	% Factor Clínter
Percentil 10 GNR	65%
Chile	67%
Brasil	67%
Sudamérica ex. Brazil	68%
Latinoamérica	69%
India	70%
Austria	70%
Alemania	71%
Integradas	71%
Francia	73%
Moliendas	73%
Central America	74%
Polonia	74%
Planta Referencia GNR	75%
Africa	76%
Europe	76%
Reino Unido	76%
World	76%
China/Korea/Japan	77%
España	78%
Asia (n.e.c.)/Oceania	80%
Tailandia	81%
Middle East	84%
Estados Unidos	84%
Egipto	87%
Percentil 90 GNR	88%
North America	90%

El promedio de Chile es de los mejores reportados y se encuentra bajo la media mundial GNR que es de 76%.

Con respecto al potencial de reducción de este indicador, se debe destacar que el Roadmap de CSI señala que las proyecciones son que el promedio mundial sea de 64% al 2030 y 60% al 2050. Es relevante señalar que una reducción de 12% en el Factor Clínter equivale aproximadamente a un 10% de reducción de las emisiones totales de CO₂ en la producción de cemento, de aquí la importancia del análisis realizado de los Papers de la ECRA asociados al uso de materias primas alternativas tales como: puzolanas, arcillas calcinadas, cenizas, escoria y otras adiciones, para determinar el real potencial de la aplicación de las tecnologías disponibles en la reducción de emisiones de CO₂ en Chile.

En Chile existe un mínimo registrado de Factor Clínter de 47% que cumple con las metas de CSI al 2030 y al 2050, sin embargo, existe un máximo de 76% que se encuentra en línea con el promedio mundial GNR, lo que hace recomendable realizar estudios más profundos por país y compañía a fin de determinar los desafíos y oportunidades de ambos. Se debe tener presente, que reducir este indicador implica estrategias complejas para la industria, tal como se ha documentado en las Hojas de Ruta de CSI, Brasil e India y que forman parte de los principales desafíos de dichos proyectos. Las principales barreras son: mantener la calidad del producto, disponibilidad de materias primas alternativas, marcos regulatorios y

aceptación del mercado de estas mejoras tecnológicas.

En resumen, el 67% alcanzado por Chile ha significado importantes disminuciones de CO₂ gracias a las adiciones en el cemento. Las metas fijadas por la industria global del cemento plantean un desafío aún mayor en materias de tecnología e innovación para la industria local. Como país en desarrollo, Chile aún tiene un déficit de infraestructura y requerimiento de construcción resiliente, lo que complejiza aún más estas proyecciones futuras. Esto fue considerado para la aplicación de los Papers en el Taller de Potencial de Reducción.



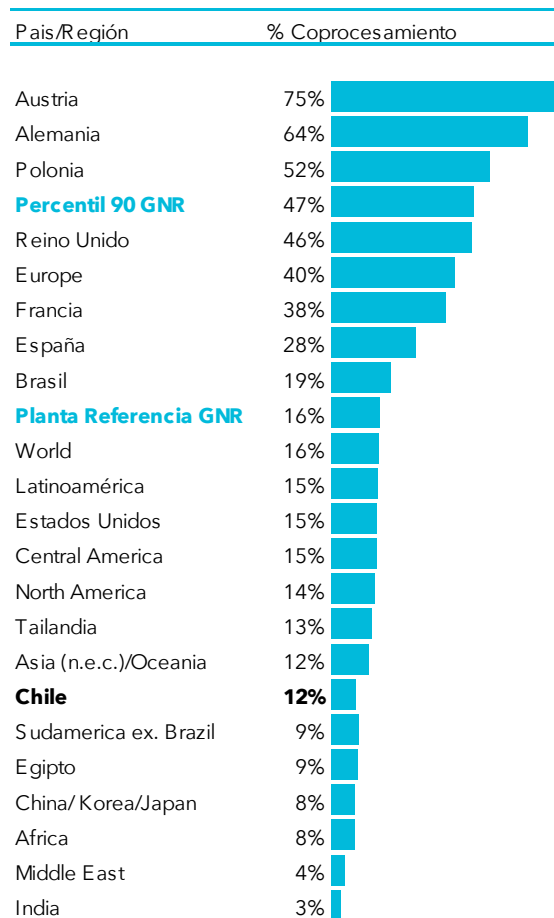
Concluimos que Chile tiene uno de los factores clínter más bajos a nivel global. Lo anterior es producto, principalmente, del uso intensivo de puzolana, y, en menor medida, del uso de cenizas volantes (Papers 35 y 34 respectivamente).

Este Factor Clínter se encuentra en el orden de las metas del Technology Roadmap CSI, que son un 64% y 60% de Factor Clínter para el 2030 y 2050, respectivamente. De acuerdo con la evaluación realizada, este factor es responsable de más del 20% de las reducciones alcanzadas al 2014 de CO₂, y su intensidad de reducción equivale a 47 Kg de CO₂/ton cemento.



Comparativo Coprocesamiento HR Chile versus GNR.

El Coprocesamiento se define como la razón entre 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. El Factor de Coprocesamiento en Chile es de un 12%, con un mínimo de 1% y un máximo de un 36%, lo que representa una gran diferencia en los resultados de coprocesamiento entre plantas. En la siguiente figura se compara el porcentaje de coprocesamiento de Chile con países y regiones reportados en GNR.



El promedio de Chile está muy por debajo de la media mundial reportada por GNR (16%). Chile se encuentra en el grupo de países o regiones con bajo promedio de coprocesamiento, por ejemplo, Medio Oriente e India no superan el 4%, mientras que Sudamérica tiene un porcentaje de Coprocesamiento de 9%. Por otra parte, los países de mejor desempeño superan ampliamente el 40%, destacándose Austria y Alemania con indicadores de 75% y 64% respectivamente.

Considerando que el 12% de Coprocesamiento se encuentra muy por debajo de la media mundial de GNR, y por debajo de las proyecciones de CSI 2030 y 2050 (17 y 30 respectivamente), existe un importante potencial de reducción para Chile. De acuerdo con los Papers de la ECRA, alcanzar un 40% de Coprocesamiento significa reducir aproximadamente 50 Kg de CO₂ por tonelada de cemento, lo que podría representar una reducción de un 8 % del total de emisiones de CO₂ de Chile.

Además, este eje no sólo aporta a la reducción de CO₂, sino que también es una alternativa segura de eliminación final de residuos mediante su valorización energética, por ello todas las Hojas de Ruta de la Industria del Cemento consideran este eje prioritario, dado su doble beneficio ambiental.

Se debe considerar que lograr estos niveles de reemplazo no depende solo de la industria, la experiencia internacional ha demostrado que influyen en el nivel de coprocesamiento, entre otros la disponibilidad presente y futura de los residuos, marcos regulatorios, y los costos logísticos asociados.

Dada la dispersión de porcentajes de Coprocesamiento de Chile, que va desde el 1% al 36%, además de la importancia del Coprocesamiento a nivel global, este eje debe ser evaluado exhaustivamente con el fin de revisar los potenciales de cada planta. En resumen, el eje de Coprocesamiento, dado el bajo porcentaje de Chile, representa una gran oportunidad, donde tasas de sustitución del nivel de Austria debieran ser los modelos para revisar.



La situación de Chile está bajo el promedio mundial. El aporte de Coprocesamiento es resultado, principalmente, del uso de combustibles alternativos (Papers 14 y 15 respectivamente).

Este porcentaje de Coprocesamiento se encuentra muy por debajo de las metas del Technology Roadmap CSI 2030 y 2050 (17,5% y 30% respectivamente).

De acuerdo con la evaluación realizada, este eje es responsable del 5% de las reducciones alcanzadas al 2014 de CO₂, y su intensidad de reducción equivale a 11Kg de CO₂/ton cemento



Comparativo Consumo Térmico HR Chile versus GNR.

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 Chile es de 3700 MJ/ton Clínker, este indicador sólo es aplicable a las Plantas Integradas. En Chile existe un registro mínimo de consumo de 3359 MJ/ton y un registro máximo de 4478 MJ/ton. En la siguiente figura se compara el consumo térmico de Chile con países y regiones reportados en GNR.

País/Región	MJ / Ton clinker
Percentil 10 GNR	3000
India	3099
China / Korea/Japan	3275
Tailandia	3302
Integradas	3330
Asia (n.e.c.)/Oceanía	3362
Medio East	3410
Brasil	3496
Planta Referencia GNR	3510
Mundo	3510
Latinoamérica	3592
España	3614
Sudamérica ex. Brasil	3648
Central América	3671
Chile	3700
Reino Unido	3707
Europea	3732
Polonia	3748
Alemania	3762
África	3777
Austria	3800
Estados Unidos	3823
North América	3858
Francia	3889
Egipto	3995
Percentil 90 GNR	4100

Chile tiene un Consumo Térmico que está sobre el promedio global de las plantas GNR (3510 MJ/ton), y que está por encima del promedio de Sudamérica (3648 MJ/ton). En Chile, el registro mínimo es de 3359 MJ/ton, valor que se encuentra bajo los indicadores de la planta de referencia en GNR. El registro máximo alcanza los 4478 MJ/ton que está dentro de los máximos mundiales, por sobre Francia y Egipto y sobre el Percentil 90 de GNR.

El Consumo Térmico promedio de Chile de 3700 MJ/ton Clínker, nos indica que las tecnologías para la producción utilizadas Chile se encuentran en promedio en el denominado estado del arte de acuerdo al Roadmap CSI 2018, el cual señala que si la producción de clínker se hace con Hornos de proceso en seco con un precalcinador, un precalentador de ciclones de múltiples etapas y quemadores multicanal, se asegura los mejores niveles de rendimiento energético disponibles, esto es de 3.0-3.4 GJ/ton Clínker. Lo anterior, implica un bajo potencial de reducción de CO₂ para este eje, dado que mejoras significativas solo serían posibles mediante el reemplazo de los hornos existentes, lo que no se justifica exclusivamente para reducir CO₂. El reemplazo de Hornos se produce por condiciones de mercado y/u obsolescencia de equipos, tal como lo señala la Hoja de Ruta de CSI.

Se debe tener en cuenta que la implementación de otros ejes de reducción, como coprocesamiento, pueden incluso aumentar el consumo de energía térmica. Por ejemplo, un mayor uso de combustibles alternativos (del 6% al 30% a nivel mundial para 2050

en el 2DS), generalmente con un contenido calórico más bajo, resulta en un aumento de la demanda de energía térmica específica de Clínter (un adicional de 0.11 GJ/ton a nivel mundial para el 2050).



Los 3700 MJ/ton clínter alcanzados en Chile están dentro de la media de las prácticas mundiales, básicamente por contar con la tecnología adecuada en estas materias. Las inversiones asociadas no se justifican exclusivamente para reducir CO₂, debido al alto nivel de inversiones y al bajo impacto en la disminución de emisiones de CO₂.

Lo anterior es producto, principalmente, del cambio de hornos largos a hornos con precalentador y precalcinador, como también del aumento de la capacidad de hornos, el contar con enfriador de Clínter de tecnología eficiente, entre otros (Papers 2, 5 y 8).

De acuerdo con la evaluación realizada, este eje es responsable de más del 75% de las reducciones de CO₂ ya alcanzadas al 2014, y su intensidad de reducción equivale a 181 Kg de CO₂/ton cemento. Cabe destacar que solo el cambio de hornos largos a hornos con precalentador y precalcinador generó una intensidad de reducción de 132 Kg de CO₂/ton cemento.



Comparativo Consumo Eléctrico HR Chile versus GNR.

El Consumo Eléctrico se define como la suma del consumo eléctrico de la producción de la parte de Clínker que se utiliza para producir cemento y el consumo eléctrico en usos no Clínker, todo dividido por la producción de cemento de la planta. El consumo eléctrico de Chile para plantas integradas es de 124 KWh/ton cemento, para las moliendas es de 58 KWh/ton cemento, y el promedio ponderado para todas las plantas es de 100 KWh/ton cemento. En Chile existe un registro mínimo de consumo 49 y un registro máximo de 151. En la siguiente figura se compara el consumo eléctrico de Chile con países y regiones reportados en GNR.

Pais/Región	kWh/ton cemento
India	77
Percentil 10 GNR	85
Sudamérica ex. Brazil	93
Africa	94
Asia (n.e.c.)/Oceania	96
China/Korea/Japan	99
Middle East	100
Mundo	101
Egipto	104
Polonia	104
Planta Referencia GNR	104
Alemania	104
Latinoamérica	105
Tailandia	106
Brasil	107
Reino Unido	108
Austria	111
Centroamérica	114
Europa	115
Francia	119
Chile	124
Estados Unidos	128
Norte América	129
Percentil 90 GNR	129
España	143

El Consumo Eléctrico de Chile se encuentra por sobre la planta de referencia de GNR, que es de 104, y está muy por sobre el promedio de Sudamérica que es de 93. CSI estima que las reducciones de emisiones de CO₂ en el eje Consumo Eléctrico pueden ser del orden del 3% de las rebajas de emisiones totales de la industria. En consecuencia, la incidencia de este eje es marginal en comparación con el Coprocesamiento y el Factor Clínker.

Se debe tener presente que la implementación de otros ejes de reducción puede incluso aumentar el consumo de energía eléctrica, por ejemplo, la captura de CO₂ de las plantas de cemento en el 2DS a nivel mundial da como resultado 15-19 kWh/ton de cemento adicionales.

Cabe destacar que el factor de emisión red eléctrica externa promedio utilizado en Chile es de 398 Kg CO₂/MWh, matriz similar a la utilizada por la papers de la ECRA para sus proyecciones que es de 500 Kg CO₂/MWh, lo que hace comparable para Chile las estimaciones hechas por CSI en su Hoja de Ruta.

Además, la descarbonización puede producirse por los cambios en la matriz eléctrica nacional, como está sucediendo por la irrupción de las energías renovables (solares y eólicas), no obstante, se recomienda de todas maneras impulsar que la industria consuma energía eléctrica desde fuentes de generación renovable. En resumen, los 124 KWh/ton cemento alcanzados en Chile indican que este eje tiene un bajo potencial de reducción de CO₂. Además,

como se usó un factor de consumo similar a los de los Papers de la ECRA, hace que las conclusiones de los papers sean comparables. Como lo señala el Roadmap de CSI 2018, se recomienda impulsar el uso de energía eléctrica generada por fuentes renovables en las plantas, especialmente en las unidades de molienda que son más adecuadas para usar energía renovable, debido a la flexibilidad en las horas de operación durante el día.



De acuerdo con la evaluación realizada, este eje es responsable de las reducciones alcanzadas al 2014 de CO₂ y su intensidad de reducción derivado de la optimización en el control y automatización de plantas.

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

La industria del cemento debe seguir posicionando al cemento como el material de construcción de mayor resiliencia para la necesaria adaptación a los efectos del cambio climático que requiere Chile.

Ejemplo de lo anterior, es la mayor demanda de construcción con cemento por el aumento y magnitud de su PIB, para lo cual la Industria del Cemento puede contribuir con su experiencia y conocimiento en los códigos y diseños de construcción sostenible.

Destacamos la significativa reducción alcanzada en la intensidad de emisiones de CO₂ en la producción de cemento en Chile al año 2014, que es del orden del 30%.

Lo anterior, fue logrado, principalmente, por las acciones efectuadas en el eje Consumo Térmico y Factor Clinker.

El Potencial de Reducción al año 2030 es de un 7,2% de reducción con relación al año 2014, con aporte de los ejes evaluados, excepto el factor clinker que debiera mantenerse en forma similar a su actual porcentaje.

La industria del cemento debe focalizar los esfuerzos en el Coprocesamiento que, además, genera el doble beneficio ambiental de la reducción de CO₂ señalada y la eliminación segura de residuos. Por ello, la industria del cemento debe seguir apoyando la implementación y mejoramiento de los actuales marcos normativos que fomentan el coprocesamiento como un mecanismo esencial para impulsar la economía circular.

La necesidad de construcción en base a cemento, debe ayudar a seguir posicionando al cemento como material que no solo aporta a las reducciones directas de emisiones GEI, sino que también aporta a las reducciones indirectas y a mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

El impacto de los ejes en la reducción de emisiones de CO₂ no siempre es acumulativo, ya que pueden afectar de forma individual el potencial de reducción de emisiones de otras opciones, como aumentar, por ejemplo, el consumo térmico y eléctrico.

Estos análisis se basan en la aplicación del sMRV FICEM que ha asegurado la confiabilidad y representatividad de la información, lo que además ha facilitado el diálogo con las autoridades.

6

Compromiso de la Industria

La Industria del Cemento reafirma su compromiso con las acciones climáticas comprometidas por nuestro país mediante el desarrollo e implementación de la presente Hoja de Ruta “hacia una economía baja en carbono”, para mantener a Chile entre los países con menor emisión de CO₂ en la producción de cemento.

En lo específico la industria se compromete a:

- ⇒ 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
- ⇒ Participar, en conjunto con las partes interesadas, en los procesos de discusión e implementación de políticas para la adopción de acciones de mitigación de CO₂ en la industria cementera.
- ⇒ Impulsar, en conjunto con las partes interesadas, la colaboración nacional e internacional para el despliegue de las mejores tecnologías y conocimientos técnicos existentes, y para compartir estas experiencias y conocimientos.
- ⇒ Realizar, a nivel de plantas de cemento, las evaluaciones de las tecnologías bajas en carbono, como el desarrollo de planes de acción para aumentar la velocidad y escala de su implementación.
- ⇒ Apoyar el desarrollo de una política de residuos que reconozca y recompense los beneficios del coprocesamiento y su estrecha integración con otras industrias.
- ⇒ Fomentar la economía circular a través del coprocesamiento, sustituyendo recursos no renovables por residuos y, además, evitando el uso de vertederos.
- ⇒ Concretamente se compromete a alcanzar un 30% de coprocesamiento al año 2030, teniendo como referencia el 12% alcanzado el año 2014 de acuerdo al informe de PwC.
- ⇒ Potenciar la sustitución parcial del clínker por adiciones como la puzolana, escorias de alto horno, cenizas volantes, entre otros, para disminuir la emisión de CO₂ por toneladas de cemento.
- ⇒ Fomentar el establecimiento de regulaciones y estándares que permitan un mayor uso de adiciones en el cemento, por ejemplo, mediante la desclasificación de las cenizas volantes como residuos.
- ⇒ Apoyar y promover la investigación en el uso de materias primas alternativas, a fin de garantizar el avance en el desarrollo de uso de cementos con una menor huella de carbono.
- ⇒ En especial toma el compromiso de reducir su intensidad de emisión de CO₂ directo para alcanzar los 520 kg CO₂/ton cem el año 2030, tomando como referencia los 581 kg CO₂/ton cem indicados en el informe de PwC, para mantener su liderazgo a nivel mundial en bajas emisiones de CO₂.
- ⇒ Por último, la industria del cemento de Chile reafirma su compromiso con el desarrollo y promoción de soluciones energéticamente eficientes y ambientalmente sustentables para la edificación, pavimentos, obras civiles y, en general, para todas las aplicaciones en las cuales el cemento y el hormigón son los materiales fundamentales.

Anexos

Anexo 1

Informe país validado



INFORME DE REVISIÓN DE LOS PROFESIONALES INDEPENDIENTES

Santiago, 03 de octubre de 2018

Señora María José García Jaramillo
Directora Ejecutiva
Federación Interamericana del Cemento (FICEM)

Hemos revisado el “Reporte País Chile 2014”, adjunto, proporcionado por FICEM, por el año terminado al 31 de diciembre de 2014. La Administración de FICEM es responsable por la preparación y presentación del “Reporte País Chile 2014”, de acuerdo a los criterios establecidos en el “Protocolo de procesamiento, agregación y validación de datos FICEM” adjunto. Nuestra responsabilidad consiste en expresar una conclusión sobre el “Reporte País Chile 2014” a base de nuestra revisión.

Nuestra revisión fue efectuada de acuerdo con 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 “Reporte País Chile 2014” para que éste esté de acuerdo con los criterios establecidos en el “Protocolo de procesamiento, agregación y validación de datos FICEM”. Una revisión tiene un alcance substancialmente menor al de un examen, cuyo objetivo es lograr un razonable grado de seguridad si el “Reporte País Chile 2014” está de acuerdo con los criterios establecidos en el “Protocolo de procesamiento, agregación 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.

Como parte de nuestra revisión realizamos, entre otros, los siguientes procedimientos:

- constatación que los datos utilizados en el “Reporte País Chile 2014” son consistentes con la información reportada por:
 - Cementos Bío Bío: Plantas Antofagasta, Talcahuano, Teno y San Antonio.
 - Cementos Melón: Plantas La Calera, Ventanas y Puerto Montt.
 - Cementos Polpaico: Plantas Coronel, Mejillones y Cerro Blanco.

A base de nuestra revisión, no tenemos conocimiento de cualquier modificación significativa que debiera realizarse al “Reporte País Chile 2014”, proporcionado por FICEM, por el año terminado al 31 de diciembre de 2014, para que éste esté de acuerdo con los criterios establecidos en el “Protocolo de procesamiento, agregación y validación de datos FICEM”.

Andrew De La Mare

Reporte País/Macrozona

País/Macrozona	Chile
Año datos	2014
Reporte:	sMRV FICEM 001 CL 2014
Fecha reporte	jueves, 27 de septiembre de 2018

I. Producción

Cemento

1. Cemento Producido	4.209.547	ton cemento/año
2. Cementitious Producido	3.386.651	ton cementitious/año

Clinker

1. Producido	1.999.736	ton Clinker/año
2. Consumido	2.822.633	ton Clinker/año

II. Emisión Específica CO₂

Alcance 1

Alcance 1			KgCO2/ton clinker	Kg CO2/ton cementitious	KgCO2/ton cemento	
D I R E C T A S	B R U T A S	N E T A S	1. Descarbonatación	548	324	260
		2. Horno Combustibles Convencionales	302	179	144	
		3. Otros Combustibles (secado, móviles)	10	6	5	
		4. Horno Combustibles Alternativos	33	19	16	
		5. Combustible Gen. Eléctrica on-site	0,00	0,00	0,00	
		6. Combustible Biomasa (CO2 neutral)	0,2	0,1	0,11	
		Netas	861	508	409	
		Brutas	893	528	424	
		Directas	893	528	424	
Alcance 2			Electricidad Externa	40	56	45
Alcance 3			Clinker Externo	NA	NA	169
Solo cuando Clinker consumido > Clinker producido, donde FE=865[KgCO2/ton clinker]						
Alcance 1 + Alcance 2 + Alcance 3				933	583	638



Reporte País/Macrozona

País/Macrozona	Chile
Año datos	2014
Reporte:	sMRV FICEM 001 CL 2014
Fecha reporte	jueves, 27 de septiembre de 2018

III. Indicadores Técnicos

	Promedio ponderado	Mínimo	Máximo	
1. Factor Clinker	67%	47%	76%	%
2. Consumo Térmico Plantas Integradas	3.700	3.359	4.478	MJ/ton Clinker
3. Coprocesamiento	12%	1%	36%	%
Factor Emisión Promedio Combustibles	91	56	98	Kg CO ₂ /GJ
4. Consumo Eléctrico (todas las plantas)	112	49	151	
Plantas Integradas	124	100	151	KWh/ton cemento
Moliendas	58	49	96	
Factor Emisión Red Eléctrica	398	360	790	Kg CO ₂ /MWh

