

# FICEM

## Hoja de Ruta CO<sub>2</sub>

*Hacia una economía resiliente y baja en carbono*



2017  
HOJA DE RUTA

Posicionando al cemento como material líder, para las necesidades de mitigación y adaptación al cambio climático



**FICEM**  
FEDERACIÓN INTERAMERICANA  
DEL CEMENTO

# **FICEM** Hoja de Ruta CO<sub>2</sub>

**2017**  
HOJA DE RUTA

Elaborado por: Ricardo Pareja Soto

# INDICE

INTRODUCCIÓN.	5
CAPITULO I DEFINICIÓN DE LA HOJA DE RUTA Y SUS OBJETIVOS.	7
DEFINICIÓN DE LA HOJA DE RUTA Y SUS OBJETIVOS.	8
CAPITULO II ANTECEDENTES QUE SE CONSIDERARON EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA HOJA DE RUTA FICEM.	9
1. ESTRATEGIA GLOBAL PARA ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO.	11
1.1 VISIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO.	11
1.2 MARCO INTERNACIONAL PARA ABORDAR EL CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC, CMNUCC y COP21.	15
1.3 NDC, NAMAS, MDL Y LCTPI COMO INSTRUMENTOS PARA LA MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.	22
NDC: "Contribuciones Nacionalmente Determinadas".	22
MDL: "Mecanismos de Desarrollo Limpio".	22
NAMAS: "Acciones de Mitigación Apropriadas a cada País".	24
Low Carbon Technology Partnerships (LCTPi).	24
(LCTPi) – Cemento.	25
1.4 ORGANIZACIONES DE REFERENCIAS PARA LA INDUSTRIA DEL CEMENTO.	28
La Comisión Económica para América Latina (CEPAL).	28
Agencia Internacional de Energía (IEA).	29
Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible.	31
2. ESTRATEGIA DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO PARA UNA ECONOMÍA DE BAJO CARBONO.	32
2.1 INICIATIVA PARA LA SOSTENIBILIDAD DEL CEMENTO.	32
2.2 OBTENIENDO LOS DATOS CORRECTOS "GNR".	33
Indicadores Relevantes GNR al 2014.	34
Cobertura Global de GNR.	34
Producción Global de Cemento y Clíker en GNR.	36
Indicadores Asociados a Emisiones de CO <sub>2</sub> eq.	37
Factor de emisión.	37
Indicadores técnicos de desempeño	38
Factor Clíker.	38
Uso de Residuos como Combustibles Alternativos.	40
Eficiencia Térmica en la Producción de Clíker.	41
Eficiencia Eléctrica en la Producción de Cemento.	42
2.3 ROADMAP CSI 2009 "CEMENT TECHNOLOGY ROADMAP 2009".	43
Ejes de Reducción.	45
Eficiencia térmica y eléctrica.	46
Combustibles alternativos.	47
Factor Clíker.	49
Captura y almacenamiento de carbono (CAC).	51
INDICADORES ROADMAP CSI 2009.	52
2.4 ECRA DESARROLLO DE LAS TÉCNICAS DEL ESTADO DEL ARTE EN LA PRODUCCIÓN DEL CEMENTO.	53
Papers ECRA 2009.	54
Papers del estado del arte.	54
Technology Papers.	54
3. HOJAS DE RUTA EN EL MUNDO.	56
3.1 Roadmap Cembureau.	57
Línea Base de Emisiones de CO <sub>2</sub> 1990.	57

## INDICE

Potenciales de Reducción.	58
Reducción en los últimos 20 años.	59
Ejes para la Reducción de Emisiones.	60
1. Eficiencia Recursos.	61
2. Eficiencia Energética.	62
3. Captura y Reutilización de Carbono.	62
4. Eficiencia del producto.	63
5. Aguas abajo (edificios inteligentes y desarrollo de infraestructura, reciclaje de concreto, recarbonización, construcción sostenible).	63
Recomendaciones de Políticas.	64
3.2 Roadmap Egipto.	65
Análisis del Desempeño de la Producción de Cemento.	67
Roadmap de Egipto.	68
Escenarios de Reducción de CO <sub>2</sub> .	70
Principales medidas políticas (5 a 10 años).	72
3.3 Roadmap India.	74
Proyecciones de reducción de emisiones de CO <sub>2</sub> eq comparando escenario con y sin un Roadmap.	77
Caso de emisiones totales de CO <sub>2</sub> eq.	78
Factor emisiones CO <sub>2</sub> eq.	79
3.4 Roadmap Brasil.	80
Historia y producción del cemento en Brasil.	81
Proyecto de Roadmap Brasil.	82
CAPITULO III HERRAMIENTAS QUE COMPONEN LA HOJA DE RUTA FICEM.	84
1. HERRAMIENTAS HOJA DE RUTA FICEM.	86
Herramienta 1 GNR como Mecanismo de Medición, Revisión y Verificación (MRV)	87
Herramienta 2 Indicadores de desempeño técnicos y de gestión.	89
Herramienta 3 MRV FICEM e Informe de Potencial de Reducción.	90
Indicadores técnicos de reducción de CO <sub>2</sub> .	91
Indicadores técnicos Roadmap CSI 2009.	93
Herramienta 4 Taller de potencial de reducción.	94
Papers Tecnológicos ECRA 2017 Asociados a Ejes de Reducción.	95
Aportes por ejes de reducción.	95
Herramienta 5 Implementación de Hoja de Ruta País .	96
PASOS A SEGUIR PARA IMPLEMENTAR HOJA DE RUTA FICEM-PAIS	96
Paso 1 Realizar Taller Fase O por país.	96
Paso 2 Informe, evaluación Fase O FICEM/país.	98
Paso 3 Aplicación de la MRV FICEM por país.	98
Paso 4 Informe de potencial de reducción por país.	99
Paso 5 Taller potencial de reducción y plan de acción Hoja de Ruta país.	99
Paso 6 Hoja de Ruta por País.	100
Paso 7 Reporte de cumplimiento.	100
Paso 8 Seguimiento anual de cumplimiento.	100
Herramienta 6 Investigación y desarrollo.	101
Herramienta 7 Biblioteca Virtual.	102
CAPITULO IV DESAFÍOS HOJA DE RUTA FICEM	103
ANEXOS	105

## INTRODUCCION

Desde ya casi una década, FICEM ha tenido como uno de sus ejes de trabajo la “Sostenibilidad de la Industria”, donde ha logrado imponer un sello de colaboración y trabajo en equipo, entendiendo que el beneficio ambiental es un valor para toda nuestra sociedad, y además con la convicción que el uso del cemento en estos nuevos tiempos es una de las soluciones más eficientes para la adaptación requerida al cambio climático. Sin embargo, lo anterior será consistente si es que logramos tener emisiones de CO<sub>2</sub>eq que estén bajo los compromisos globales de niveles de emisión. Niveles que buscan 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 “Cement Sustainability Initiative” y más específicamente su denominado Roadmap 2009, que en conjunto con la Agencia Internacional de Energía, definieron los potenciales de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>eq en la producción de cemento presente y futura.

En ese contexto y considerando los objetivos mundiales para la sostenibilidad (ODS), los desafíos del acuerdo de París (COP21) y la iniciativa para la Sostenibilidad del Cemento (CSI), FICEM en conjunto con la industria Latinoamericana ha desarrollado su Hoja de Ruta para promover e impulsar el liderazgo del cemento en la mitigación y adaptación al cambio climático, inserto en

una región socialmente vulnerable y con necesidades de crecimiento en infraestructura, vivienda, pavimentos, entre otras, y por tanto, con proyecciones de mayor consumo futuro de cemento.

El documento de la Hoja de Ruta FICEM, hacia una economía Baja en Carbono, en sus distintos capítulos describe qué es la Hoja de Ruta, sus objetivos, los antecedentes que se consideraron en su construcción, como los escenarios internacionales en la materia, con foco en los compromisos establecidos en la Cumbre de París, más conocida como la COP21, y las organizaciones que apoyan las visiones de sostenibilidad global. Asimismo, describe las estrategias de la producción de cemento para Europa y países como India, Egipto y Brasil, que mediante distintos enfoques planteados en sus Roadmaps, persiguen el objetivo común de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>eq, de acuerdo a los lineamientos generales establecidos por CSI.

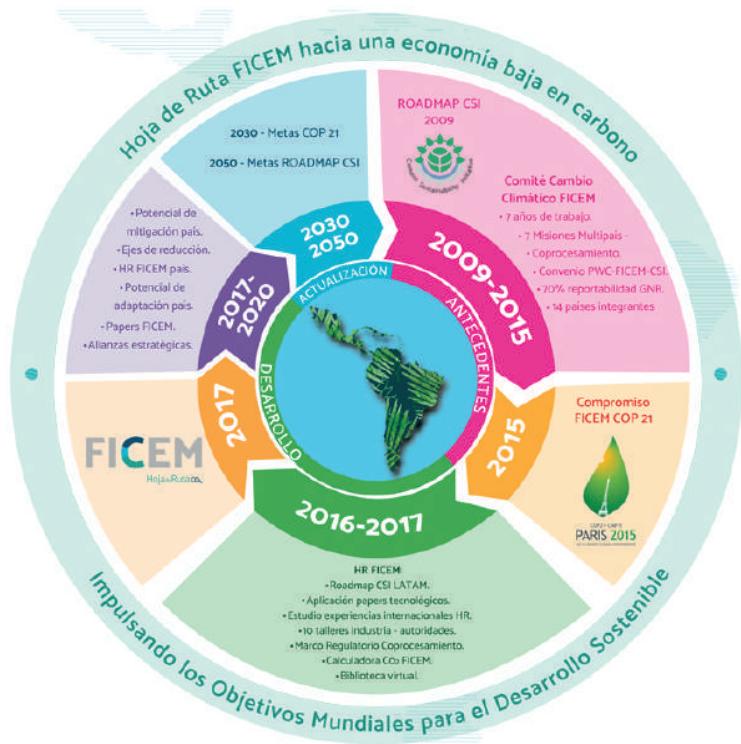
El documento también aborda las principales herramientas que contribuyen a la mitigación de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq y a los objetivos de adaptación a los efectos del cambio climático, así como los desafíos que se ha planteado la Hoja de Ruta FICEM para la industria de la región.

Es importante destacar, que este documento incluye las acciones desarrolladas durante la Fase de O de la Hoja de Ruta FICEM, como los talleres con las partes interesadas, análisis de los compromisos nacionales de reducción de emisiones de GEI (INDCs) y evaluaciones de las oportunidades tecnológicas (Papers, LCTPi, GNR, entre otras). Todas estas acciones permitieron conocer el desempeño comparado de la industria regional, así como la colaboración con gobiernos locales en la

definición de políticas públicas que realmente contribuyan a la mitigación y adaptación al cambio climático, y he ahí su importancia.

Este documento es un texto dinámico que debe ser capaz de considerar nuevos elementos y hechos relevantes a nivel mundial, incorporándolos en la medida que este proyecto esté en curso.

Figura 1  
Fuente: Revista Cemento & Concreto FICEM. Edición N°4 2017.



# **DEFINICIÓN DE LA HOJA DE RUTA Y SUS OBJETIVOS.**

## DEFINICIÓN DE LA HOJA DE RUTA Y SUS OBJETIVOS.

La Hoja de Ruta FICEM es un conjunto de herramientas eficientes y flexibles que buscan asegurar la contribución a la mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub>eq y a las necesidades regionales de adaptación a los efectos del cambio climático, a través del análisis de los escenarios presentes y futuros de las emisiones de gases efecto

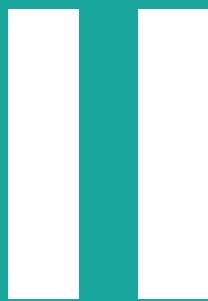
invernadero (GEI) en el ciclo de vida del cemento en Latinoamérica. Dado que su implementación se desarrolla por etapas constituye en sí misma una trayectoria a seguir para la industria Latinoamericana en los desafíos planteados.

En esa línea se han definido seis objetivos para su desarrollo:

- objetivo 1** Aportar a los objetivos mundiales para el desarrollo sostenible ODS y COP<sub>21</sub>, 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 CO<sub>2</sub> 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 The Getting Numbers Right (GNR).
- objetivo 3** Determinar el potencial de reducción de CO<sub>2</sub> por país y planta, basado en la eficiencia energética e innovación para la producción de Clinker y Cemento en Latinoamérica.
- objetivo 4** Identificar las acciones para implementar el potencial de reducción de CO<sub>2</sub> 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 a 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 esta iniciativa no se ha hecho en forma aislada, ya que con el propósito de trabajar de manera conjunta con la industria global del cemento, es que la Hoja de Ruta FICEM cuenta con el apoyo de CSI y está alineada con el plan estratégico del Low Carbon Technology Partnerships (LCTPI). Asimismo, en la creación de estos lineamientos para

América Latina y El Caribe, se ha considerado 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.



# **ANTECEDENTES QUE SE CONSIDERARON EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA HOJA DE RUTA FICEM**

En este capítulo se describen los dos principales pilares que fueron estudiados para la definición de la Hoja de Ruta de FICEM. Como primer pilar se consideró la estrategia mundial para enfrentar las causas y efectos al cambio climático, utilizándose como fuente de información todo lo relacionado al Encuentro de París, sus antecedentes, partes interesadas y sus compromisos asociados, tanto en su visión general como en la bajada particular en Latinoamérica.

Asimismo, se consideró 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 2009. Además, en este mismo sentido, se describen iniciativas específicas como la de Europa y algunos otros países tales como India, Egipto y Brasil, que han considerado sus realidades locales para la mitigación y adaptación al cambio climático, por lo que han sido un insumo de gran valor para el presente documento.



## 1. ESTRATEGIA GLOBAL PARA ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

### 1.1 VISIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático, según el IPCC “Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático”, 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)” y se ha atribuido este incremento al aumento en la concentración de GEI “gases de efecto invernadero” de origen antropogénico (CO<sub>2</sub>eq, Metano, entre otros) en la atmósfera, generando así un aumento en la temperatura media global de la superficie denominado “Calentamiento Global”.

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

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

Figura 2a

Fuente: Climate Change Informe IPCC 2014

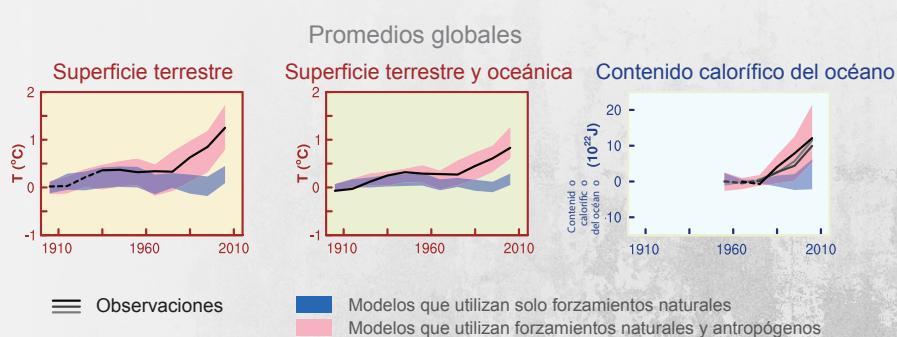
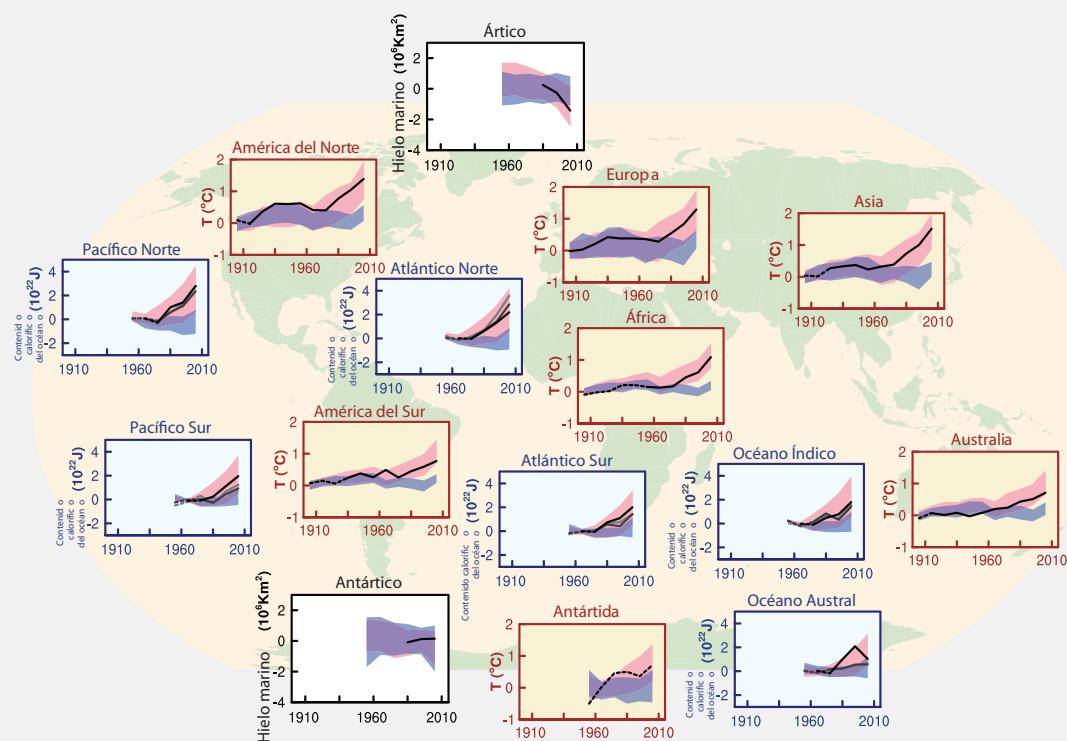


Figura 2b

Fuente: Climate Change Informe IPCC 2014



**Figura RRP6:** Comparación del cambio climático observado y simulado, basada en tres indicadores a gran escala en la atmósfera, la criósfera y el océano: cambio en las temperaturas del aire en la superficie terrestre continental (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 período 1880-1919, por lo que respecta a las temperaturas en superficie, con el período 1960-1980, por lo que respecta al contenido calorífico del océano, y con el período 1979-1999, por lo que respecta al hielo marino. Todas las series temporales se componen de promedios decenales, representados en la mitad del

decenio. En los gráficos de temperaturas, las observaciones se señalan con líneas discontinuas cuando la cobertura espacial de las regiones examinadas es inferior al 50%. En los gráficos relativos al contenido calorífico del océano y de hielo marino, la línea continua muestra las zonas donde la cobertura de datos es buena y de mayor calidad y la línea discontinua muestra las zonas donde la cobertura de datos solo es su cliente, 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%. Para más detalles técnicos, incluidas las de definiciones de las regiones, véase el material complementario del Resumen técnico. [figura 10.21; figura RT.12]

Considerando los incrementos graficados en la figura 2b estas condiciones 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”, proyectando el cambio en la temperatura media en superficie para cuatro escenarios diferentes de emisiones de GEI. Las proyecciones son para finales del siglo XXI y 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.

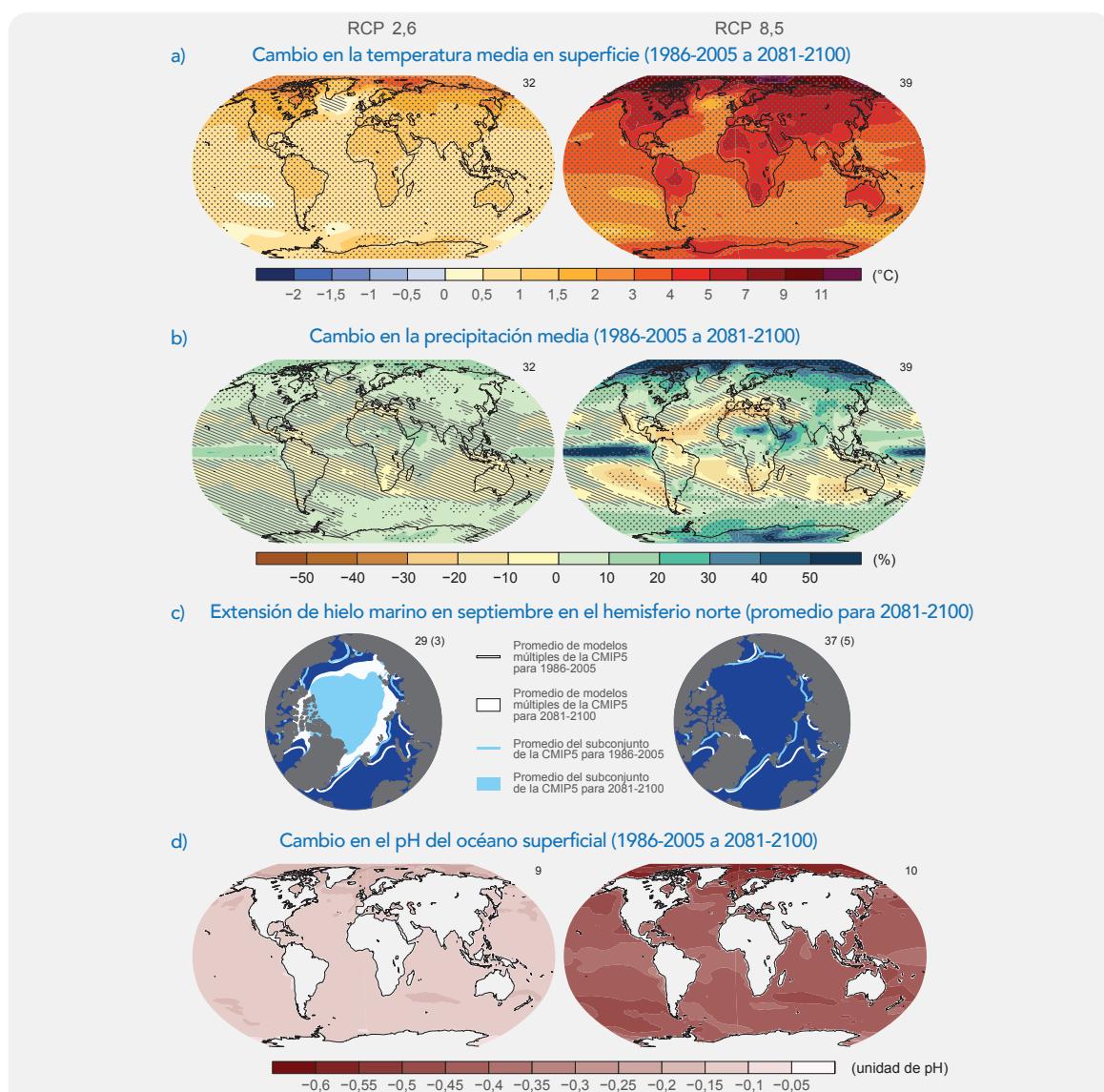
El cambio climático tiene un impacto sobre casi todos los aspectos de nuestras vidas. Nuestros ecosistemas sufren la pérdida de la biodiversidad y del hábitat, y los sistemas humanos, como la salud, se verán afectados negativamente, por ejemplo, mediante la propagación

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 resumir en la forma poco sostenible del cómo hemos usado 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 de 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 siguiente gráfica 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 3

Fuente: Climate Change Informe 3 IPCC 2014



**Figura RRP.8:** Mapas de resultados medios de modelos múltiples de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5) de los escenarios RCP2,6 y RCP8,5, correspondientes al período 2081-2100, relativos a: a) el cambio anual en la temperatura media en super cie; b) el cambio de la media porcentual de la precipitación media anual; c) la extensión de hielo marino en septiembre en el hemisferio norte, y d) el cambio en el pH del océano super cial. 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 (esto es, superior a dos desviaciones típicas de la variabilidad interna natural en medias de 20 años) y donde, por lo menos, el 90% de los modelos concuerdan con el signo del cambio (véase el recuadro 12.1). En la imagen c), las líneas son las medias de los modelos para 1986-2005; las áreas rellenas corresponden al final del siglo. Se indica en blanco la media de los modelos múltiples 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 el estado medio climatológico y la tendencia registrada entre 1979 y 2012 de la extensión de hielo marino del Ártico. Para más detalles técnicos, véase el material complementario del Resumen técnico. (guras 6.28, 12.11, 12.22 y 12.29; guras RT.15, RT.16, RT.17 y RT.20)

## 1.2 MARCO INTERNACIONAL PARA ABORDAR EL CAMBIO CLIMÁTICO, IPCC, CMNUCC y COP21.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) es el principal órgano internacional encargado de evaluar el cambio climático. Se creó en 1988 a iniciativa del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM), para ofrecer al mundo una visión científica del estado actual de los conocimientos sobre el cambio climático y sus posibles repercusiones medioambientales y socioeconómicas. En su rol de organismo científico examina y evalúa la bibliografía científica, técnica y económica más reciente elaborada en el mundo relativo al cambio climático.

El Grupo de expertos del IPCC se reúne, por lo menos, una vez al año en sesión plenaria a nivel de representantes de los gobiernos, para adoptar las principales decisiones sobre el programa de trabajo y la revisión del alcance y aprobación de informes. Forman parte de él todos los países miembros de las Naciones Unidas y de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), actualmente compuesto por 195 países. El IPCC en su carácter científico e intergubernamental ofrece información científica rigurosa, equilibrada y reconocida por los gobiernos para la toma de decisiones.

El IPCC y 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 abrió formalmente las negociaciones en torno a

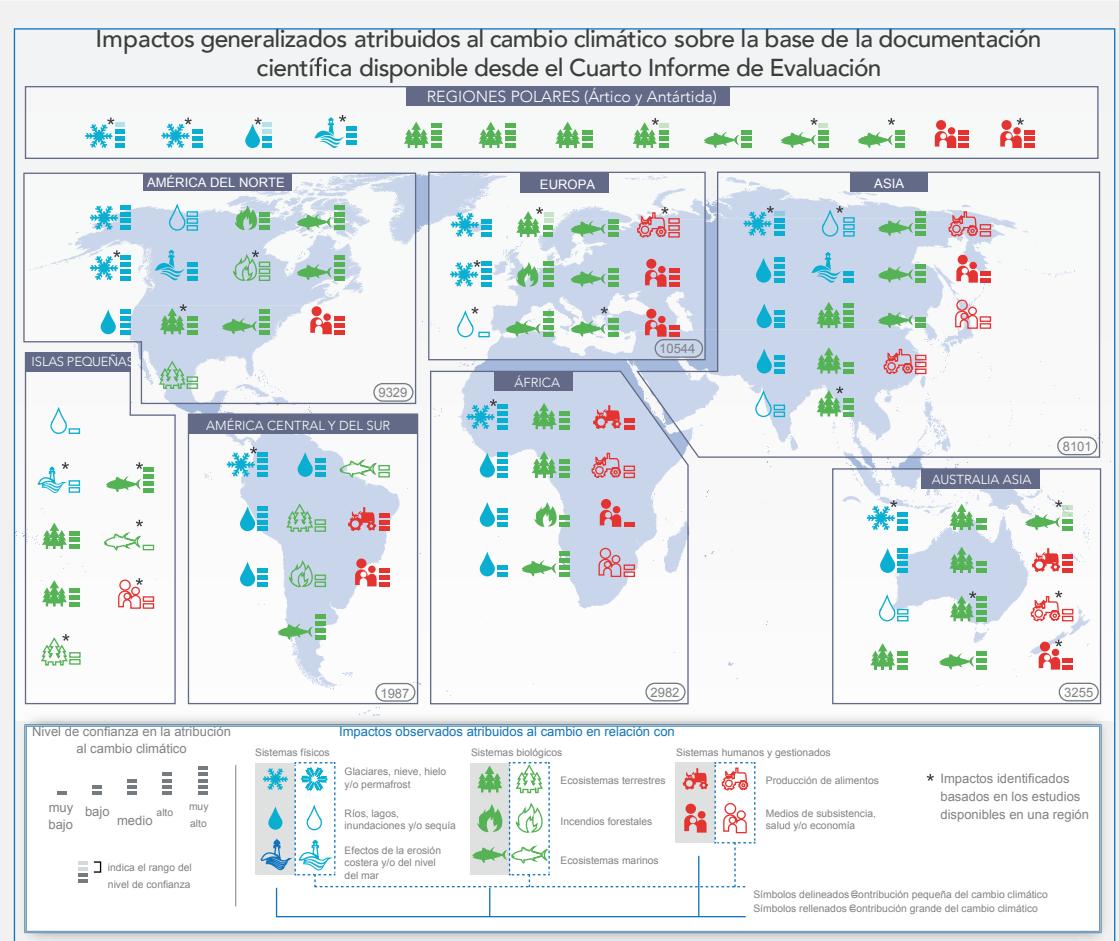
una convención marco, siendo su primera reunión del Comité Intergubernamental de Negociación (CIN) en 1991, luego de 15 meses el CIN aprobó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

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

El siguiente mapa muestra los impactos generalizados del cambio climático en las diferentes regiones del planeta.

Figura 4

Fuente: Climate Change Informe 3 IPCC 2014



**Figura RRP.4:** Sobre la base de la documentación científica disponible desde el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, hay un número sustancialmente mayor de impactos en las últimas décadas atribuidos al cambio climático. La 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. Cada símbolo hace referencia a una o más entradas en GTII cuadro RRP.A1, de modo que se agrupan impactos conexos a escala regional. Las cifras en los óvalos indican totales regionales de publicaciones

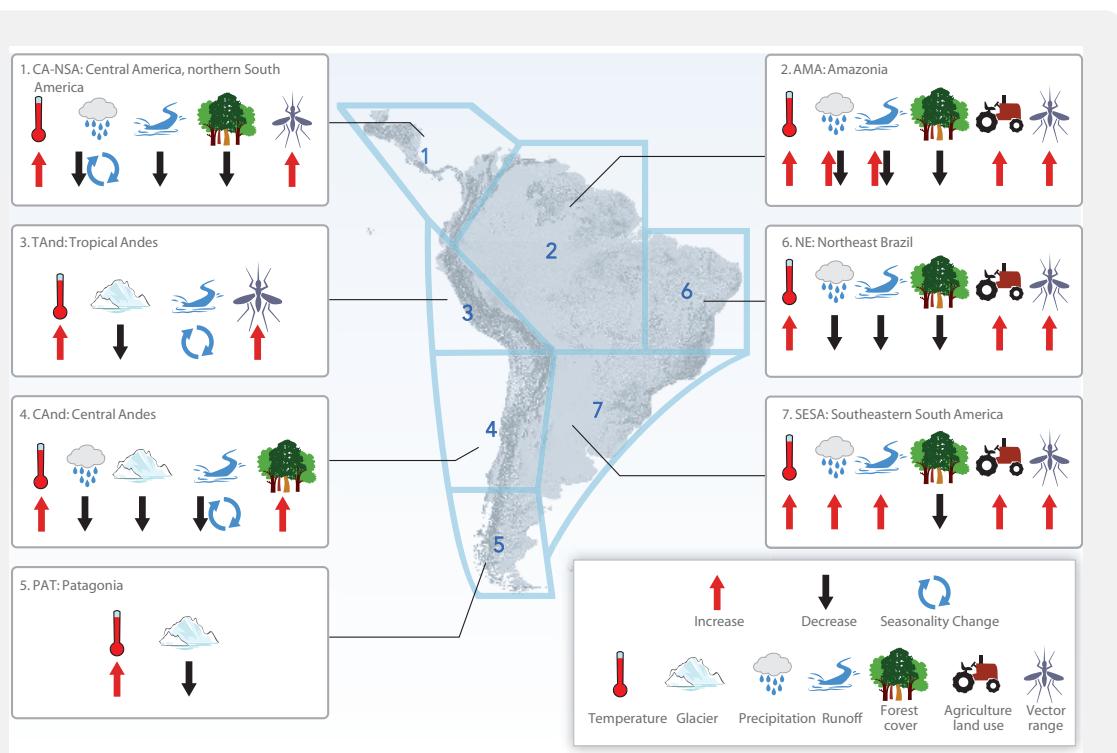
relativas al cambio climático de 2001 a 2010, según la base de datos bibliográfica Scopus para publicaciones en inglés en que el nombre de un país se menciona en el título, en el resumen o en las palabras clave (en julio de 2011). Estas cifras proporcionan una idea general de la documentación científica disponible sobre el cambio climático en las regiones no indican el número de publicaciones que apoyan la atribución de los impactos del cambio climático en cada región. Los estudios relativos a las regiones polares y las islas pequeñas se agrupan con las regiones continentales vecinas. La inclusión de publicaciones para la evaluación de la atribución se ajustó a los criterios del IPCC sobre evidencia científica de nodos en GTII capítulo 18. Las publicaciones incluidas en los análisis de atribución proceden de una gama más amplia de documentos evaluados en el GTII IE5. Véase el GTII cuadro RRP.A1 para la descripción de los impactos atribuidos. (vera 1.11)

Podemos apreciar en la imagen anterior que los efectos del cambio climático están presentes en todo el mundo. En particular en Latinoamérica sus principales consecuencias se asocian a pesca, glaciares, recurso hídrico, 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 gráfica siguiente:

**Figura 5**  
Fuente: Climate Change Informe 3 IPCC 2014



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 2006). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático - Manual, pág. 23.

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 un conjunto de información sobre cambio climático: inventario GEI, vulnerabilidad, medidas de adaptación, medidas de mitigación, construcción de capacidades y necesidades tecnológicas.

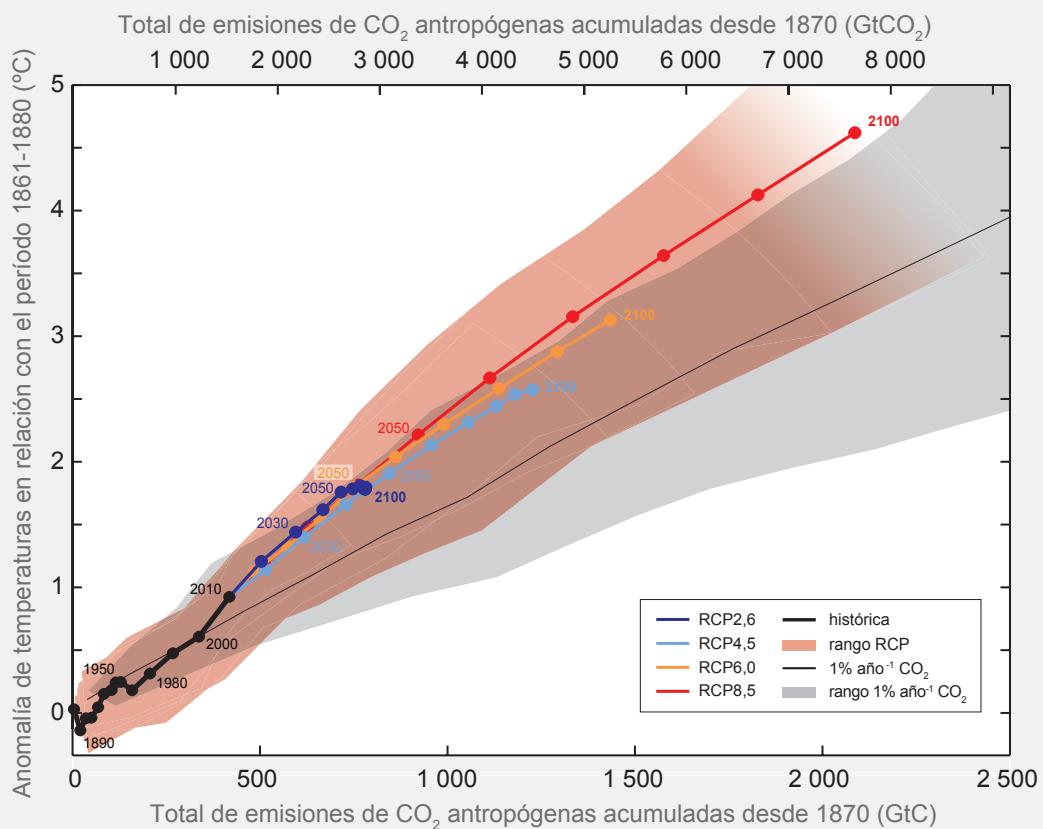
La primera versión de la COP (COP 1) fue realizada en Berlín el año 1995. Posteriormente, se puede destacar los acuerdos alcanzados en las reuniones: COP 3 "Kioto,

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, siendo ésta donde se alcanzó por primera vez un acuerdo mundial denominado "Acuerdo de París para la mitigación y adaptación al cambio climático". En esta ocasión participaron más de 150 líderes mundiales, además de observadores y sociedad civil.

En el siguiente gráfico 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 COP21. Además el gráfico proyecta el efecto de las emisiones de CO<sub>2</sub> y su potencial incremento de temperaturas al 2100.

Figura 6

Fuente: Climate Change Informe 3 IPCC 2014



**Figura RRP.10:** Aumento de la temperatura media global en superficie, como función del total de las emisiones globales acumuladas de CO<sub>2</sub> a partir de diversas líneas de evidencia. Los resultados de modelos múltiples obtenidos de modelos del ciclo climático y del carbono, de acuerdo con un orden jerárquico para cada trayectoria de concentración representativa (RCP) hasta 2100, se muestran con líneas de colores y puntos (medias decenales). En algunos casos, se indica el año correspondiente a la media decenal para mayor claridad (por ejemplo, el año 2050 indica la década 2040-2049). Los resultados de los modelos para el período histórico (1860 a 2010) se indican en negro. El penacho de color muestra la extensión de los modelos múltiples en los cuatro escenarios de RCP y va diluyéndose con los números decrecientes de los modelos en el escenario RCP8.5. La media de los modelos múltiples y el rango simulado por los modelos de la quinta fase

del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5), obligados a reflejar un aumento de CO<sub>2</sub> del 1% anual (simulaciones de CO<sub>2</sub> del 1% anual), se muestran mediante la línea negra delgada y el área gris. Para una cantidad específica de emisiones de CO<sub>2</sub> acumuladas, las simulaciones de CO<sub>2</sub> del 1% anual muestran un calentamiento menor que las que se rigen por escenarios de RCP, que incluyen otros forzamientos no generados por el CO<sub>2</sub>. Los valores de la temperatura se dan en relación con el período de base 1861-1880, y las emisiones, en relación con 1870. Los promedios decenales se conectan mediante líneas continuas. Para mayores detalles técnicos, véase el material complementario del Resumen técnico. { gura 12.45; ETE.8 del RT, gura 1}

El Acuerdo de París entró en vigencia 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 al año 2050, para lo que se deberá reducir drásticamente las emisiones de GEI proyectadas. Lo anterior se ve reflejado en el instrumento internacional denominado INDC “Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional”, los que entrarán en vigor el año 2020 y se revisarán cada 5 años mediante un mecanismo

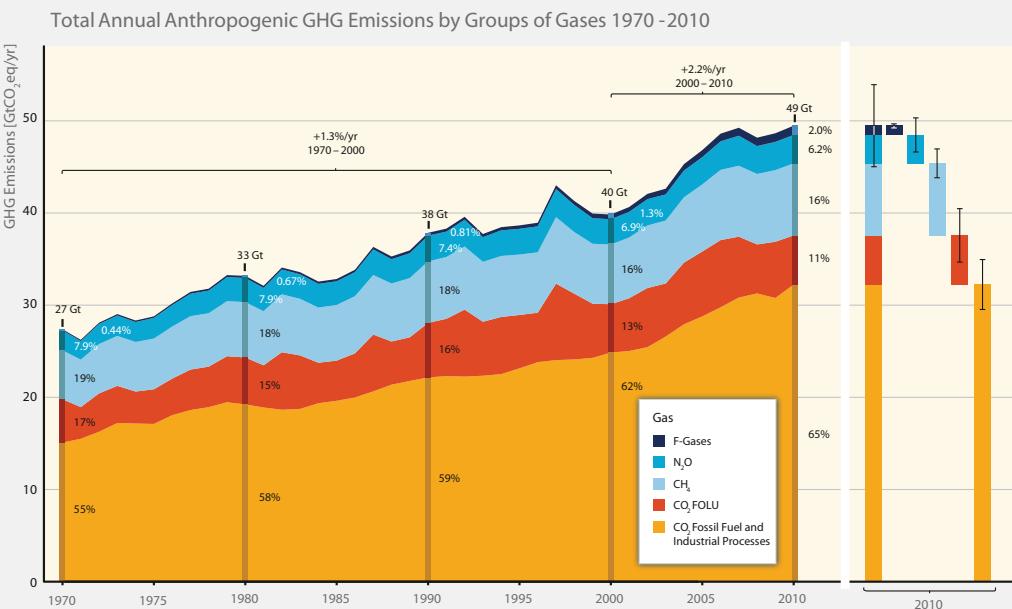
transparente de seguimiento al cumplimiento. Además, podrán usar mecanismos de mercado (compraventa de emisiones) para cumplir sus objetivos.

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 de determinar las más eficientes acciones de reducción de estas emisiones. La siguiente figura nos muestra los aportes de los distintos tipos de GEI.

**Figura 7**

Fuente: Climate Change Informe 3 IPCC 2014



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

gases citados en el Protocolo de Kyoto (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y los gases fluorados) calculados sobre la base de valores del potencial de calentamiento global con un horizonte temporal de 100 años (PCG<sub>100</sub>) procedentes del Segundo Informe de Evaluación (IE<sub>2</sub>) (véase el glosario). La utilización de valores de PCG<sub>100</sub> más recientes del Quinto Informe de Evaluación (IE<sub>5</sub>) (barras a la derecha) daría un mayor nivel de emisiones anuales totales de gases de efecto invernadero (52 GtCO<sub>2</sub>-eq/año) a raíz de una mayor contribución del metano, pero ello no cambiaría la tendencia a largo plazo de manera significativa. {figura 1.6, recuadro 3.2}

<sup>1</sup> Equipo EFEverde en la COP 21 y texto del Acuerdo de París sobre el clima (<http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/lo9s.pdf>)

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.

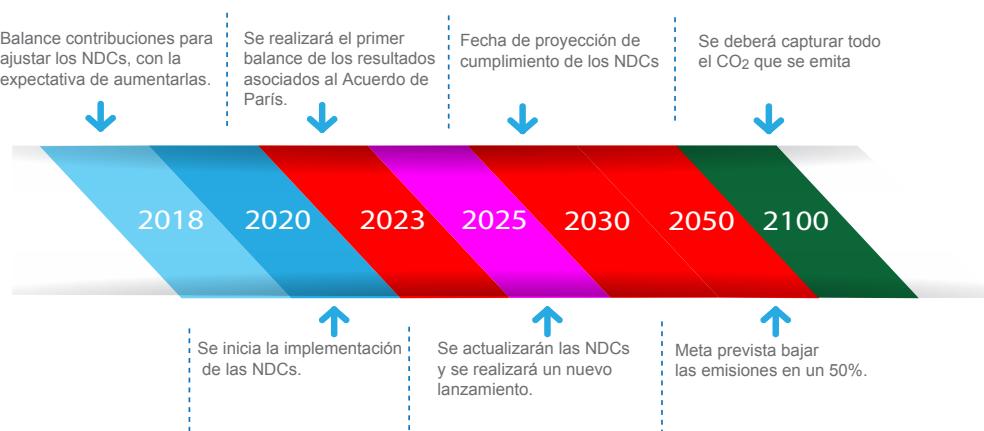
A la fecha se han desarrollado una serie de instrumentos oficiales para la mitigación y adaptación. Por ejemplo, en el caso de las Emisiones Provocadas por la Deforestación y la Degradoación Forestal (REDD), que ofrece incentivos a los países en desarrollo para reducir las emisiones de las zonas forestales 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 medidas de mitigación apropiadas para cada país (NAMA), 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.

Figura 8  
Fuente: FICEM 2017

## HITOS futuros COP-21



<sup>2</sup> <http://conexioncop22.com/que-es-una-indc-y-como-se-elabora/>

## 1.3 NDC, NAMAS , MDL Y LCTPI COMO INSTRUMENTOS PARA LA MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

### NDC: " 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 el parte del estudio desarrollado por Factor CO<sub>2</sub>eq 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 siguiente tabla se pueden ver las contribuciones en materia de reducción por país en Latinoamérica.

Figura 9

Fuente: Estudio Factor CO<sub>2</sub> eq para FICEM

NDC País	Reducción Voluntaria	Condicionada Aportes
Argentina <sup>3</sup>	18%	37%
Bolivia <sup>4</sup>	6%	NA
Brasil <sup>5</sup>	43%	NA
Chile <sup>6</sup>	30%	35%
Colombia <sup>7</sup>	20%	30%
Costa Rica <sup>8</sup>	46%	NA
Dominicana <sup>9</sup>	NA	25%
Ecuador <sup>10</sup>	NA	41%
Guatemala <sup>11</sup>	11,2	22,6%
Honduras <sup>12</sup>	NA	15%
México <sup>13</sup>	22%	36%
Nicaragua	NP	NP
Panamá	NP	NP
Perú <sup>14</sup>	20%	30%

<sup>3</sup> Actualizado(<http://www4.unfccc.int/ndcregistry/PublishedDocuments/Argentina%20First/17112016%20NDC%20Revisada%202016.pdf>)

<sup>4</sup> Actualizado ([http://www.climate-energy-college.org/files/site1/factsheets/Bolivia\\_INDCEFactSheet\\_UoM-PRIMAP\\_GWP4.pdf](http://www.climate-energy-college.org/files/site1/factsheets/Bolivia_INDCEFactSheet_UoM-PRIMAP_GWP4.pdf))

<sup>5</sup> Sin actualización (<http://climateactiontracker.org/countries/brazil.html>).

<sup>6</sup> Sin actualización (<http://climateactiontracker.org/countries/chile.html>).

<sup>7</sup> Sin actualización (<https://www.climatelinks.org/resources/greenhouse-gas-emissions-factsheet-colombia>)

<sup>8</sup> Actualizado ([http://www.climate-energy-college.org/files/site1/factsheets/CostaRica\\_INDCEFactSheet\\_UoM-PRIMAP\\_GWP4.pdf](http://www.climate-energy-college.org/files/site1/factsheets/CostaRica_INDCEFactSheet_UoM-PRIMAP_GWP4.pdf))

<sup>9</sup> Sin actualización (<https://www.mern.gob.do/images/docs/Convocatoria-Consultoria-Eficiencia-Energ-DO.pdf>).

<sup>10</sup> Sin actualización ([http://www.climate-energy-college.org/files/site1/factsheets/Ecuador\\_INDCEFactSheet\\_UoM-PRIMAP\\_GWP4.pdf](http://www.climate-energy-college.org/files/site1/factsheets/Ecuador_INDCEFactSheet_UoM-PRIMAP_GWP4.pdf))

<sup>11</sup> Sin actualización (<http://www.marn.gob.gt/Multimedios/6401.pdf>)

<sup>12</sup> Sin actualización ([http://www.climate-energy-college.org/files/site1/factsheets/Honduras\\_INDCEFactSheet\\_UoM-PRIMAP\\_GWP4.pdf](http://www.climate-energy-college.org/files/site1/factsheets/Honduras_INDCEFactSheet_UoM-PRIMAP_GWP4.pdf))

<sup>13</sup> Actualizado: [http://www.climate-energy-college.org/files/site1/factsheets/Mexico\\_INDCEFactSheet\\_UoM-PRIMAP\\_GWP4.pdf](http://www.climate-energy-college.org/files/site1/factsheets/Mexico_INDCEFactSheet_UoM-PRIMAP_GWP4.pdf)

<sup>14</sup> Sin actualización.

## 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.

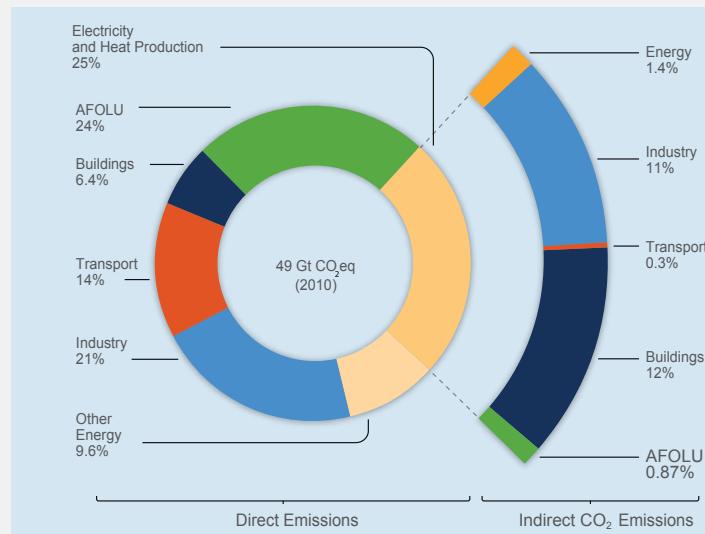
En el caso de los análisis de los proyectos Latinoamericanos MDL para el sector cementero y de las técnicas que se utilizan en éstos, se indican las principales metodologías existentes en la reducción de emisiones:

- 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 clíker.
- Mejorar la eficiencia energética (instalación de nuevos hornos)
- Reemplazo de paredes de ladrillo-cemento por paneles de yeso-concreto.

La gran mayoría de los proyectos registrados en Latinoamérica como Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, México, Perú y Uruguay, utilizan principalmente la metodología de sustitución de combustibles fósiles por combustibles alternativos. 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 clíker. En el siguiente gráfico 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.

**Figura 10**  
Fuente: Climate Change Informe 3 IPCC 2014

Greenhouse Gas Emissions by Economic Sectors



**Figure SPM.2:** Total anthropogenic GHG emissions (GtCO<sub>2</sub>eq / yr) by economic sectors. Inner circle shows direct GHG emission shares (in % of total anthropogenic GHG emissions) of five economic sectors in 2010. Pull-out shows how indirect CO<sub>2</sub> emission shares (in % of total anthropogenic GHG emissions) from electricity and heat production are attributed to sectors of final energy use. 'Other Energy' refers to all GHG emission sources in the energy sector as defined in Annex II other than electricity and heat production [A.II.9.1]. The emissions data from Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU) includes land-based CO<sub>2</sub> emissions from forest fires, peat fires and peat decay that approximate to net CO<sub>2</sub> flux from the Forestry and Other Land Use (FOLU) sub-sector as described in Chapter 11 of this report. Emissions are converted into CO<sub>2</sub>-equivalents based on GWP 1006 from the IPCC Second Assessment Report. Sector definitions are provided in Annex II.9. [Figure 1.3a, Figure TS.3 upper panel]

<sup>15</sup> <http://conexioncop22.com/que-es-una-indc-y-como-se-elabora/>

## NAMAs: "Acciones de Mitigación Apropriadas a cada País"

Las NAMA 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 INDC y sus sistemas de MRV "Monitoreo, Reporte y Verificación", habilitando a los países para reportar, de forma transparente, el progreso de sus acciones de implementación para lograr las metas de sus INDCs.

En el caso de la realidad cementera latinoamericana, el estudio de Factor CO<sub>2</sub>eq 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 co-procesamiento.
- 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.

## Low Carbon Technology Partnerships (LCTPi)

La iniciativa Low Carbon Technology Partnerships, dirigida por el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD), la Red de soluciones para el desarrollo sostenible (SDSN) y la Agencia Internacional de la Energía (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 21<sup>a</sup> Conferencia de las Partes de la CMNUCC (COP21). Despues 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.

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 los que se trabaja para desarrollar soluciones de tecnología de bajas emisiones de carbono, entre las que se encuentran: uso de energías renovables, captura y almacenamiento de carbono, eficiencia energética en edificios, uso de combustible y transporte de bajo carbono, uso responsable de suelos, producción baja en CO<sub>2</sub>eq en la industria química y de cemento. Según la evaluación de impacto de PWC, publicada en noviembre de 2015, estos proyectos podrían, si se aplican plenamente, aportar el 65% de las reducciones de emisiones necesarias en el año 2030.

<sup>16</sup> <http://finanzascarbono.org/nuevos-mecanismos-de-mitigacion/acciones-de-mitigacion-apropiadas-a-cada-pais-namas/>

## (LCTPi) - Cemento

La necesidad que la producción de cemento cuente con una estrategia propia radica en que su nivel de emisiones son relevantes, alcanzando cerca del 5% de

las emisiones totales de GEI. En los siguientes gráficos se identifica la producción de cemento y sus emisiones asociadas.

Figura 11

Fuente: LCTPI - Cemento

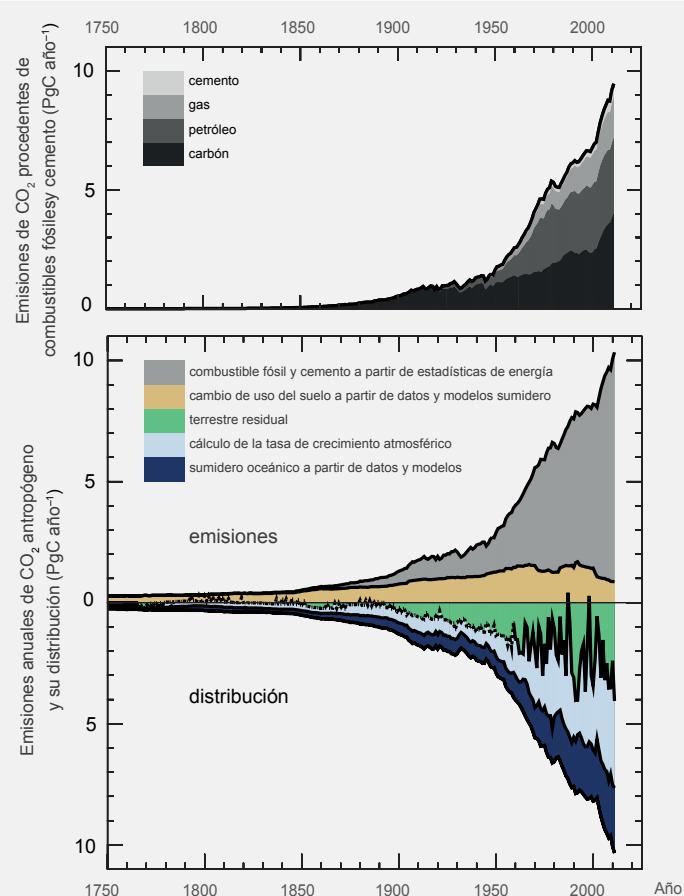


Figura RT.4 | Emisiones anuales de CO<sub>2</sub> antropógeno y su distribución en la atmósfera, la tierra y los océanos (PgC año<sup>-1</sup>) de 1750 a 2011. (Parte superior) Emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de los combustibles fósiles y del cemento por categoría, según las estimaciones del Centro de Análisis de la Información sobre el Dióxido de Carbono (CDIAC). (Parte inferior) Emisiones procedentes de los combustibles fósiles y del cemento según se indica más arriba. Las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la variación neta del uso del suelo, principalmente la deforestación, se basan en datos del cambio de la cubierta terrestre (véase el cuadro 6.2). La tasa de aumento del CO<sub>2</sub> en la atmósfera anterior a 1959 se basa en una aproximación interpolada de observaciones del núcleo de hielo y en un resumen de las mediciones atmosféricas desde 1959. El ajuste a las observaciones del núcleo del hielo no detecta la amplia variabilidad interanual del CO<sub>2</sub> atmosférico y está representado por una línea discontinua. El sumidero oceánico de CO<sub>2</sub> resulta de una combinación de modelos y

observaciones. El sumidero oceánico de CO<sub>2</sub> resulta de una combinación de modelos y observaciones. El sumidero terrestre residual (término en verde en la figura) se calcula a partir de la cantidad residual de los demás términos. Las emisiones y su distribución incluyen únicamente los flujos que han cambiado desde 1750, en lugar de los flujos naturales de CO<sub>2</sub> (por ejemplo, la absorción de CO<sub>2</sub> por la atmósfera de la descomposición y emisión de gases de CO<sub>2</sub> de lagos y ríos y emisión de gases de CO<sub>2</sub> por los océanos del carbono liberado por los ríos; véase la figura 6.1) para los flujos entre reservorios atmosférico, terrestre y oceánico antes de esa época y que aún PE perduran. Las incertidumbres relativas a los diversos términos se analizan en el capítulo 6 y sus valores medios decenales se presentan en el cuadro 6.1) para los flujos entre los reservorios atmosférico, terrestre y oceánico antes de esa época y que aún perduran. Las incertidumbres relativas a los diversos términos se analizan en el capítulo 6 y sus valores medios decenales se presentan en el cuadro 6.1 (figura 6.8).

## (LCTPi) - Cemento

El objetivo para la industria cementera será reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>eq entre el 20% y 25% a 2030, basado en la iniciativa CSI (Cement Sustainability Initiative), a través de las siguientes acciones:

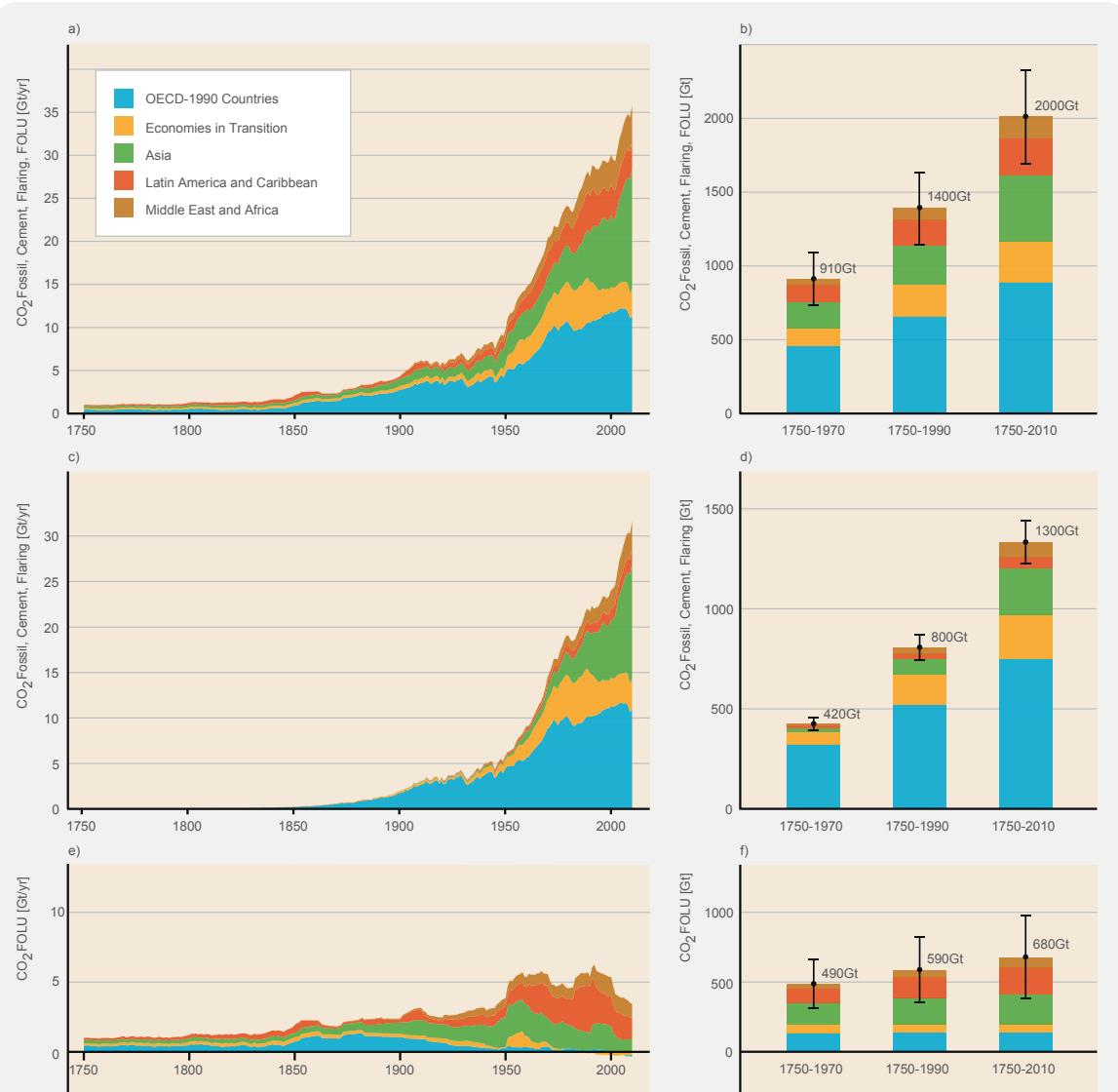
- 1 Aumentar la cobertura de la base de datos de CO<sub>2</sub>eq y energía del sector, centrándose específicamente en China (que representa alrededor del 60% de la producción mundial de cemento).
- 2 Aumentar la eficiencia energética del proceso de fabricación del cemento.
- 3 Ampliar la recopilación, 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 Desarrollo de cemento nuevo con menores requerimientos de energía y calcinación.
- 6 Involucrar en 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.

Se han establecido cuatro puntos principales para lograr el éxito del proyecto: un acuerdo jurídicamente vinculante, un paquete financiero y tecnológico para ayudar a los países en desarrollo, definir contribuciones específicas para la industria cementera y una agenda de soluciones (acuerdos unilaterales y multilaterales, paralelamente al proceso de la CMNUCC). Se establecerá un mecanismo de información para supervisar el progreso en cada una de las acciones mencionadas, para alcanzar un objetivo común. El LCTPi del cemento pasa a formar parte de la estrategia de la industria para reducir los GEI, siendo además el reflejo de más de 18 años de trabajo realizado por la Iniciativa para la sostenibilidad del cemento.

No obstante, que señalamos la incidencia de la producción mundial de cemento en las emisiones globales de GEI, al analizar los datos separados por región, los que se muestran en los gráficos siguientes, Latinoamérica no sólo tiene una baja incidencia en las emisiones, sino que éstas se deben fundamentalmente a las actividades asociadas al uso suelo, como son la agricultura, la ganadería y la industria forestal. Por lo que la producción de cemento de Latinoamérica tiene un bajo potencial de reducción de GEI, si se considera las necesidades de desarrollo de la región las emisiones de la industria, incluso, debieran aumentar.

En la siguiente página se pueden apreciar las emisiones de CO<sub>2</sub> por regiones desde el año 1750 al año 2000, asociadas: a combustibles fósiles, cemento, uso de suelo y quema de gas. Siendo el CO<sub>2</sub> del cemento en latinoamérica un aporte marginal (gráfico C).

**Figura 12**  
Fuente: Climate Change Informe 3 IPCC 2014



**Figure TS.2** | Historical anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions from fossil fuel combustion, flaring, cement, and Forestry and Other Land Use (FOLU)<sup>4</sup> in five major world regions: OECD- 1990 (blue); Economies in Transition (yellow); Asia (green); Latin America and Caribbean (red); Middle East and Africa (brown). Emissions are reported in gigatonnes of CO<sub>2</sub> per year (GtCO<sub>2</sub>/yr). Left panels show regional CO<sub>2</sub> emissions 1750–2010 from: (a) the sum of all CO<sub>2</sub> sources (c+e); (c) fossil fuel combustion, flaring, and

cement; and (e) FOLU. The right panels report regional contributions to cumulative CO<sub>2</sub> emissions over selected time periods from: (b) the sum of all CO<sub>2</sub> sources (d+f); (d) fossil fuel combustion, aring and cement; and (f) FOLU. Error bars on panels (b), (d) and (f) give an indication of the uncertainty range (90 % confidence interval). See Annex II.2.2 for definitions of regions. [Figure 5.3]

## 1.4 ORGANIZACIONES DE REFERENCIAS PARA LA INDUSTRIA DEL CEMENTO

### La Comisión Económica para América Latina (CEPAL)

La Comisión Económica para América Latina (CEPAL) fue establecida por la resolución 106 (VI) del Consejo Económico y Social, del 25 de febrero de 1948, y comenzó a funcionar ese mismo año. En su resolución 1984/67, del 27 de julio de 1984, el Consejo decidió que la Comisión pasara a llamarse Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

La CEPAL es una de las cinco comisiones regionales de las Naciones Unidas y su sede está en Santiago de Chile. Se fundó para contribuir al desarrollo económico de América Latina, coordinar las acciones encaminadas a su promoción y reforzar las relaciones económicas de los países entre sí y con las demás naciones del mundo. Posteriormente, su labor se amplió a los países del Caribe y se incorporó el objetivo de promover el desarrollo social.

La CEPAL tiene dos sedes subregionales, una para la subregión de América Central, ubicada en México, D.F. y la otra para la subregión del Caribe, en Puerto España, que se establecieron en junio de 1951 y en diciembre de 1966, respectivamente. Además tiene oficinas nacionales en Buenos Aires, Brasilia, Montevideo y Bogotá y una oficina de enlace en Washington, D.C.

En el marco del trabajo de la presente Hoja de Ruta FICEM destacamos las siguientes publicaciones de la CEPAL que se encuentran disponibles en su portal web.

- El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas.
- Climate change and reduction of CO<sub>2</sub> emissions: the role of developing countries in carbon trade markets.
- Fundamentos económicos de los mecanismos de flexibilidad para la reducción internacional de emisiones en el marco de la Convención de Cambio Climático (UNFCCC).
- Crisis económica y cambio climático: algunas implicancias para el sistema multilateral de comercio.
- Desafíos e implicancias fiscales de la inversión en infraestructura baja en carbono.
- Monopolios de Estado y política del cambio climático en México: ¿Bastiones de cambio o barreras estratégicas?
- Fuentes de financiamiento para el cambio climático.
- The new era of carbon accounting: issues and implications for Latin American and Caribbean exports.
- Vulnerabilidad y adaptación de las ciudades de América Latina al cambio climático
- Reforma Fiscal Ambiental (RFA) en América Latina

## Agencia Internacional de Energía (IEA)

La IEA es un organismo independiente fundado en noviembre del año 1974 en el marco de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), para implementar un programa energético internacional entre veintiocho de los treinta países miembro de la OCDE. Los objetivos básicos de la IEA son:

- Mantener y mejorar los sistemas para hacer frente a las interrupciones de suministro de petróleo.
- Promover políticas energéticas racionales, en un contexto global a través de relaciones de cooperación con países no miembros, la industria y las organizaciones internacionales.
- Operar un sistema de información permanente en los mercados internacionales de petróleo.
- Proporcionar datos sobre otros aspectos de los mercados energéticos internacionales.
- Mejorar el suministro de energía del mundo y la estructura de la demanda mediante el desarrollo de fuentes alternativas de energía y aumentar la eficiencia del uso de energía.

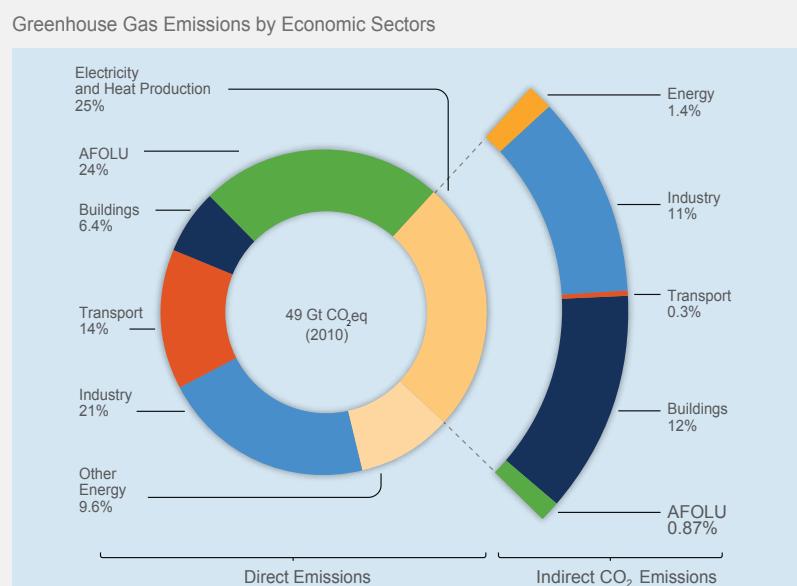
• Promover la colaboración internacional en la tecnología energética.

• Ayudar en la integración de las políticas ambientales y energéticas, incluidas las relativas al cambio climático.

Países miembro de la IEA: Australia, Austria, Bélgica, Canadá, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Japón, Corea, Luxemburgo, Países Bajos, Nueva Zelanda, Noruega, Polonia, Portugal, República Eslovaca, España, Suecia, Suiza, Turquía, Reino Unido y Estados Unidos, la Comisión Europea también participa en los trabajos de la IEA.

En la siguiente gráfica aportes de CO<sub>2</sub> por distintos sectores económicos. Con los cuales la IEA proyecta sus emisiones al 2050.

Figura 13  
Fuente: Climate Change Informe 3 IPCC 2014

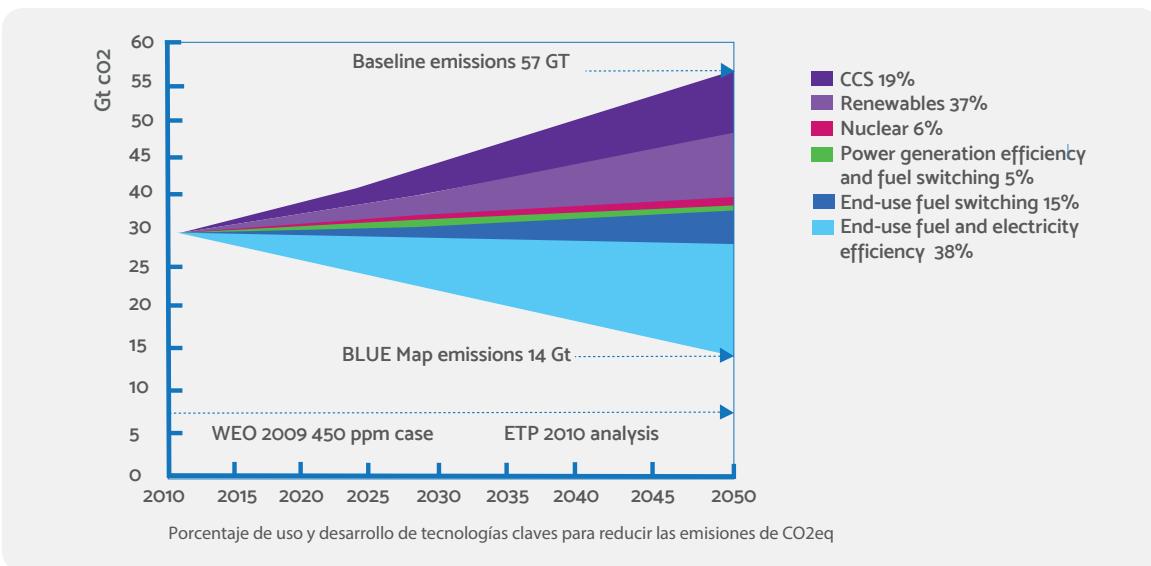


La IEA ha modelado una serie de escenarios que detallan los esfuerzos necesarios para reducir las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub>eq. Por un lado, están los escenarios “ACT” que tienen por objetivo reestablecer al 2050 los niveles de emisión de CO<sub>2</sub>eq del año 2005, a través del desarrollo tecnológico.

Por otro lado, los escenarios “BLUE” tienen por objetivo reducir un 50% las emisiones de CO<sub>2</sub>eq al 2050, respecto al año 2005, lo que supone un mayor desarrollo de políticas y financiamiento que faciliten el 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 CO<sub>2</sub>eq, como son la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>eq (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 CO<sub>2</sub>eq (emisiones) a diferencia de uno estándar (sin la aplicación de estas tecnologías) de 57 Gt de CO<sub>2</sub>eq al año 2050. En el siguiente gráfico proyecciones de reducciones de CO<sub>2</sub> por distintas fuentes de energía.

**Figura 14**  
Fuente: Agencia Internacional de Energía (IEA).



<sup>17</sup> [www.iea.org](http://www.iea.org)

## Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible

El “Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible” (WBCSD por su sigla en inglés) reúne a unas 200 empresas internacionales en un compromiso compartido con el desarrollo sostenible a través del crecimiento económico, el equilibrio ecológico y el progreso social. Sus miembros provienen de más de 36 países y 22 sectores industriales y poseen una red global de cerca de 60 consejos empresariales nacionales y regionales, y las organizaciones asociadas. Sus objetivos son:

- Generar liderazgo empresarial: ser un defensor de negocios líder en el desarrollo sostenible.

- Fomentar políticas de desarrollo: para ayudar a desarrollar políticas que creen las condiciones marco para la contribución empresarial al desarrollo sostenible.
- Desarrollar un Business Case: para desarrollar y promover el caso empresarial para el desarrollo sostenible.
- Exponer las buenas prácticas: demostrar la contribución empresarial al desarrollo sostenible y compartir las mejores prácticas entre los miembros.
- Tener alcance global: contribuir a un futuro sostenible para los países en desarrollo y países en transición.

Uno de los resultados más destacados son el desarrollo de los LCTPI, donde no sólo se pueden ver las oportunidades al interior de un sector, sino que determinar sinergias entre ellos.



<sup>18</sup> <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/etp2010.pdf>  
<sup>19</sup> [www.wbcsd.org](http://www.wbcsd.org)

## **2. ESTRATEGIA DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO PARA UNA ECONOMÍA DE BAJO CARBONO**

### **2.1 INICIATIVA PARA LA SOSTENIBILIDAD DEL CEMENTO**

Durante las últimas décadas este rol lo ha liderado CSI “Iniciativa para la Sostenibilidad del Cemento”, que es un esfuerzo global de 23 de los productores de cemento más importantes, con operaciones en más de 100 países. En conjunto, estas empresas representan alrededor del 30% de la producción de cemento en el mundo y varían en tamaño desde grandes multinacionales a pequeños productores locales. Todos los miembros de la CSI han integrado el desarrollo sostenible en sus estrategias y operaciones comerciales, ya que buscan el desempeño financiero y compromiso con la responsabilidad social y ambiental. Durante sus casi 20 años de historia, la CSI se ha centrado en definir los contenidos para una gestión

<sup>20</sup> responsables 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 CO<sub>2</sub>eq y la eficiencia energética de la industria cementera mundial, facilitando así la comprensión de su potencial de mejora.



<sup>20</sup> [www.bcsdcement.org](http://www.bcsdcement.org)

<sup>21</sup> [www.wbcsdcement.org/index.php/key-issues/climate-protection/gnr-database](http://www.wbcsdcement.org/index.php/key-issues/climate-protection/gnr-database)

## 2.2 OBTENIENDO LOS DATOS CORRECTOS "GNR"

Los objetivos de GNR son:

- Reconocer las áreas de oportunidad y su contribución a las metas de reducción de CO<sub>2</sub>eq.
- Fortalecer la reputación de la industria 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 esta iniciativa, con lo que se ha logrado incluir las empresas en Latinoamérica que no pertenecen a CSI.

El espacio de encuentro para la toma de decisiones de las empresas participantes en GNR es el “Project Management Committee” (PMC por su sigla en inglés), compuesto por 5 representantes de las empresas miembros de CSI y por un representante de las compañías no-miembros de CSI de cada una de las federaciones. También participa en el

comité PriceWaterhouseCoopers (PwC-Francia), firma de auditoría seleccionada por CSI, reuniendo información de todas las plantas cementeras a nivel mundial y asegurando la validez y confidencialidad de los datos.

Las funciones del PMC en el proyecto GNR son:

- Implementar mejoras a la base de datos.
- Realizar un seguimiento en la recepción de información anual por parte de PwC.
- Procurar que los participantes del programa estén informados sobre los alcances y novedades del proyecto GNR.
- Determinar los flujos de comunicación con respecto a los resultados consolidados de la base de datos.
- Promover la participación de no-miembros de CSI en el Proyecto GNR.

Actualmente, el “Proyecto GNR” está en su Versión N°3 llamada “The Cement CO<sub>2</sub> and Energy Protocol”, publicada el año 2011, y empleada desde el año 2012 en la notificación de datos de CO<sub>2</sub>eq. Este documento considera las experiencias de la aplicación del Protocolo (Versión N°2) y su evaluación durante varios años por empresas cementeras en todo el mundo.

<sup>21</sup> <http://www.wbcsdcement.org/index.php/key-issues/climate-protection/gnr-database>

## Indicadores Relevantes GNR al 2014

El protocolo consta de:

- Una guía de apoyo que contiene las definiciones y explicaciones oportunas para el registro de CO<sub>2</sub>eq.
- Una hoja de cálculo Excel para apoyar a las empresas en la preparación de sus registros de CO<sub>2</sub>eq.
- Un Manual de Internet que provee guías “paso a paso” que simplifican la búsqueda de respuestas a preguntas sobre los aspectos prácticos del registro de CO<sub>2</sub>eq.

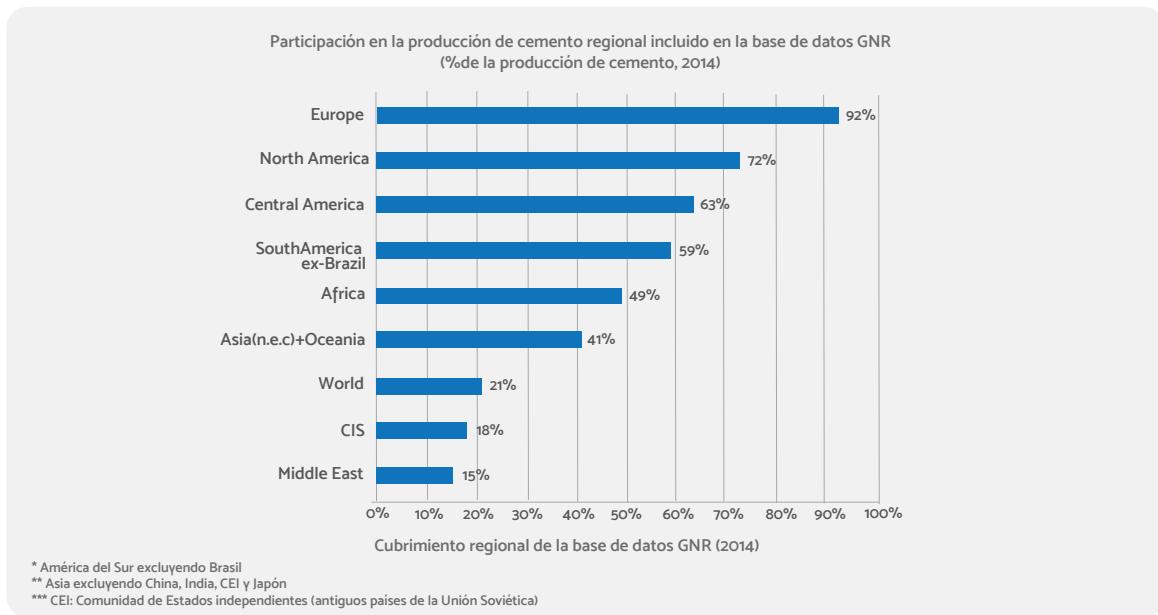
## Cobertura Global de GNR

A continuación se presentan gráficos relevantes, disponibles en la base de datos de GNR, la que se encuentra actualizada al año 2014 y alcanza un 21% del total de la producción mundial de cemento (<http://www.wbcsdcement.org/index.php/key-issues/climate-protection/gnr-database>).

El siguiente gráfico 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 60%, pero con una brecha importante que cubrir para aumentar la representatividad del GNR y así poder proyectar los reales potenciales de reducción de CO<sub>2</sub>eq de la región.

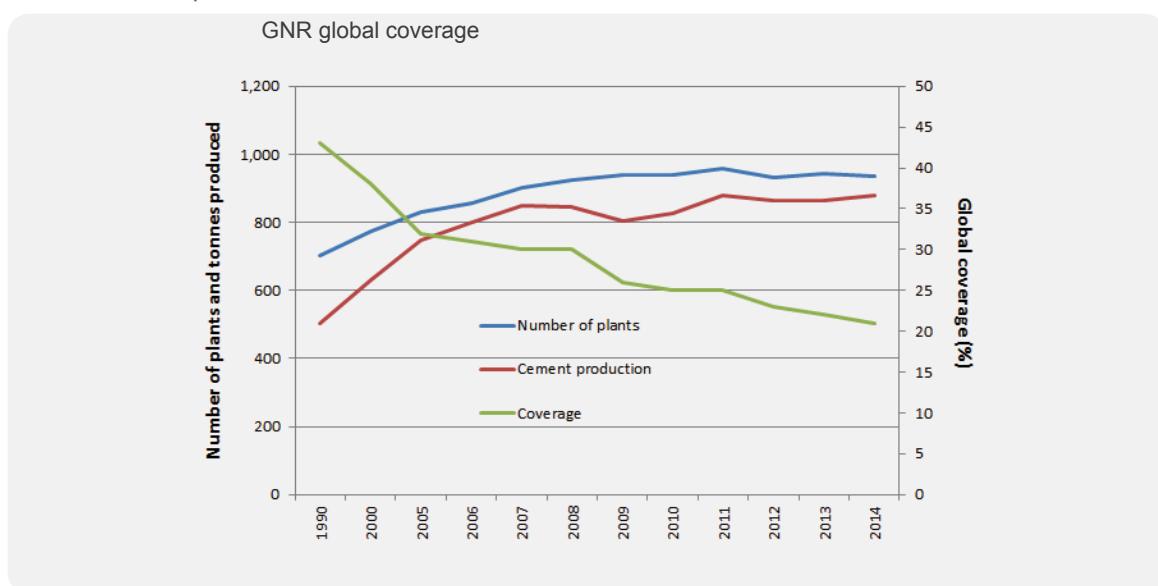
**Figura 15**  
Fuente: Iniciativa para la Sostenibilidad del Cemento (WBCSD).



Si bien todas las regiones tienen información de referencia, la cobertura mundial se ve afectada sensiblemente por la ausencia de grandes productores como Asia y CEI, lo que implican que la reportabilidad sólo alcance al 21%. Pese a que a la fecha han aumentado la cantidad de plantas y producción asociada desde el año 1990, el efecto de que las

principales economías en desarrollo como China no aumenten su cobertura en proporción al aumento de su producción ha traído como efecto una caída en la cobertura global, las siguientes gráficas muestra lo señalado en este párrafo.

Figura 16  
Fuente: Iniciativa para la Sostenibilidad del Cemento (WBCSD).



## Producción Global de Cemento y Clínker en GNR.

La reportabilidad en la producción cemento y clínker se han mantenido estables en los últimos años, alcanzando al 2014 las 889 millones de Ton de Cementicios y 660 millones de

Ton de Clinker. Los siguientes gráficos muestran la reportabilidad en estos dos indicadores.

Figura 17

Fuente: The Getting the Numbers Right (GNR).

### Total production volumes of cementitious products

Grey and white cementitious products (21TWct)

All GNR Participants - World (coverage: 25% in 2010, 21% in 2013, 21% in 2014)

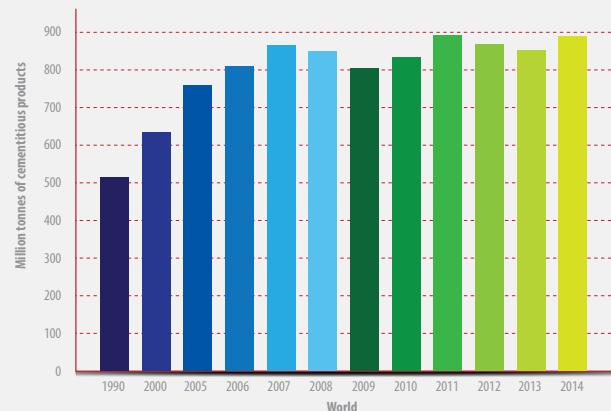


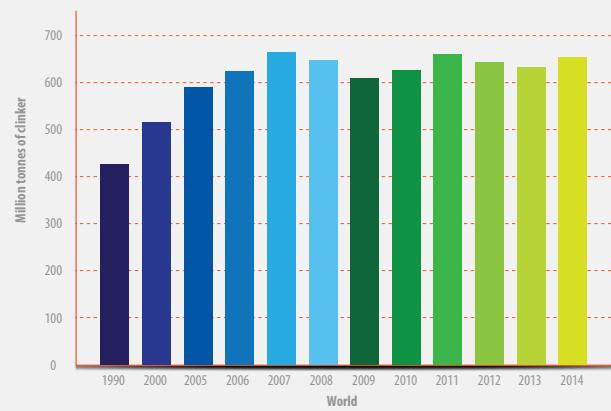
Figura 18

Fuente: The Getting the Numbers Right (GNR).

### Total production volumes of clinker

Grey clinker (8TG)

All GNR Participants - World (coverage: 25% in 2010, 21% in 2013, 21% in 2014)



## Indicadores Asociados a Emisiones de CO<sub>2</sub>eq

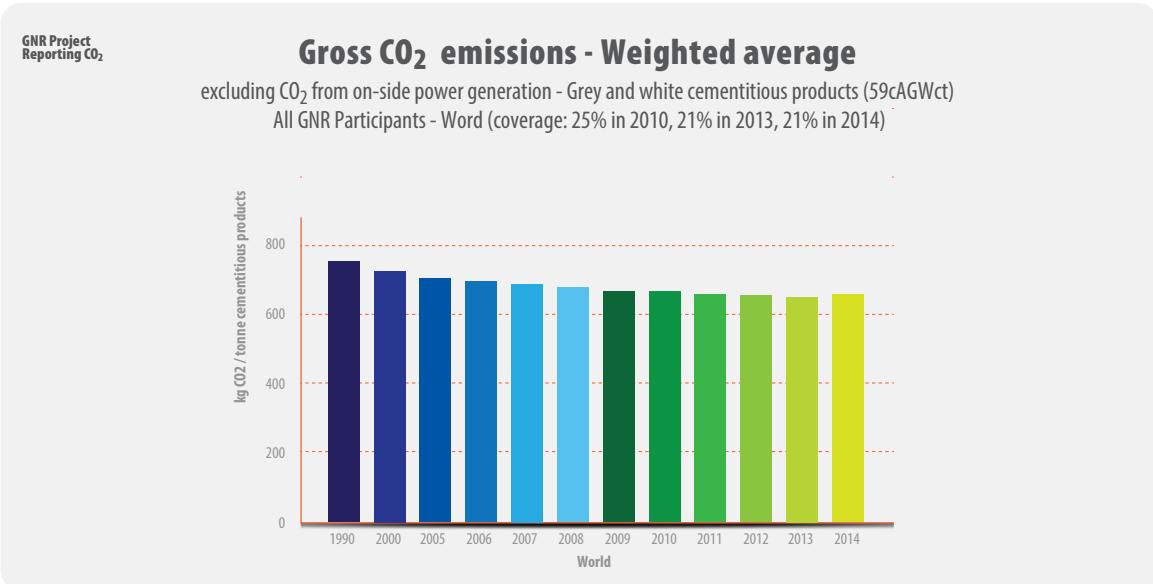
### Factor de emisión

En este campo es más relevante determinar la intensidad de la emisión más que las emisiones totales, debido a que la mejor forma de medir los reales esfuerzos de reducción se basa en la cantidad de CO<sub>2</sub>eq por tonelada de cemento producida. De esta manera, es posible estimar los resultados en eficiencia energética, uso de residuos como combustible y/o como materia prima, que son los ejes relevantes para mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub>eq en la producción de cemento. Analizar sólo las emisiones totales no reflejará necesariamente el desempeño de la industria cementera en la disminución de CO<sub>2</sub>eq, dado que puede haber incrementos importantes de las emisiones globales

por los aumentos de producción generados por las economías emergentes, altamente demandantes de infraestructura. Asimismo, puede haber reducciones importantes debido a los efectos de las crisis económicas. En ambos casos no depende del desempeño de la industria las emisiones asociadas. En la siguiente gráfica apreciamos el principal indicador de desempeño asociado a las emisiones de CO<sub>2</sub>eq en la producción de cemento, siendo este indicador la referencia global para una adecuada comparación entre los distintos desempeños por región, país y plantas.

Figura 19

Fuente: The Getting the Numbers Right (GNR).



## Indicadores técnicos de desempeño

Los principales ejes definidos para la producción de cemento y sus efectos en la emisión de CO<sub>2</sub>eq son el contenido de clíker en el cemento, la eficiencia eléctrica y térmica, el uso de residuos como combustible y/o materias primas. Todos estos parámetros técnicos de producción

tienen directa incidencia en la generación de CO<sub>2</sub>eq, por lo cual constituyen los principales variables de control y comparación. Factor Clíker, Uso de Residuos como Combustible, Eficiencia Térmica en la Producción de Clíker y Eficiencia Eléctrica en Producción de Cemento.

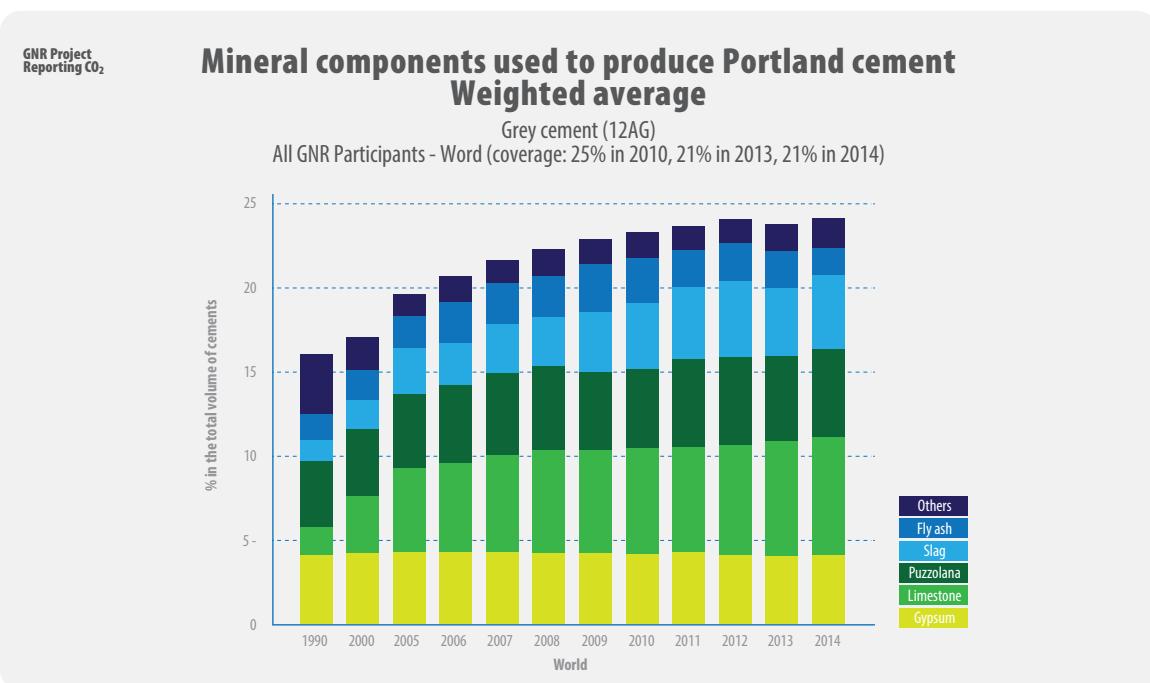
### Factor Clíker

Debido al impacto de la descarbonatación de la caliza para producir clíker, uno de los principales esfuerzos que está realizando la industria es reducir la participación del clíker en el cemento, ya que el efecto es prácticamente lineal porque cada tonelada menos de clíker que evitamos producir genera una reducción de cerca de una Ton de CO<sub>2</sub>eq equivalente.

En el siguiente gráfico se observa la gradual reducción del clíker en el cemento. En efecto, en el año 1990 la incidencia del clíker en el producto era del 83% y actualmente es 74,5%, lo que ha implicado, sólo por este parámetro, una reducción de un 10% en las emisiones totales de CO<sub>2</sub>q.

Figura 20

Fuente: The Getting the Numbers Right (GNR).



Alcanzar este nivel de reducción se ha logrado por el uso intensivo de materias primas alternativas en reemplazo del clíker, sin comprometer la calidad del producto final, generándose no sólo un beneficio ambiental por la

reducción de CO<sub>2</sub>eq, sino que gran parte de estas materias primas que provienen de la valorización de residuos tales como cenizas de termoeléctricas, escorias siderúrgicas, entre otras. Ver gráficos a continuación:

Figura 21

Fuente: The Getting the Numbers Right (GNR).

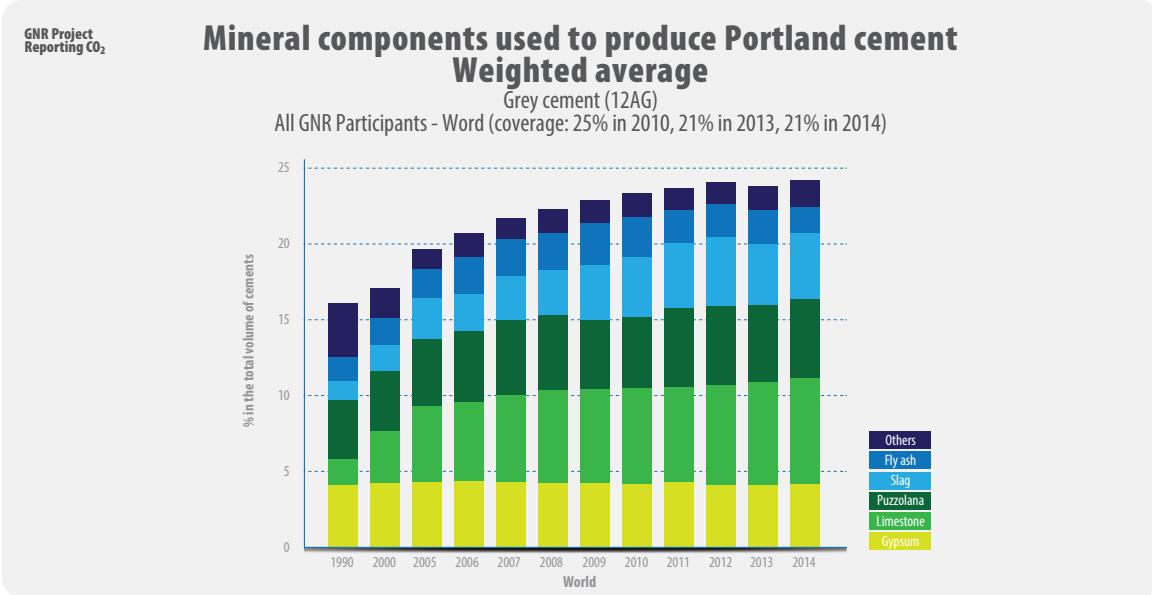
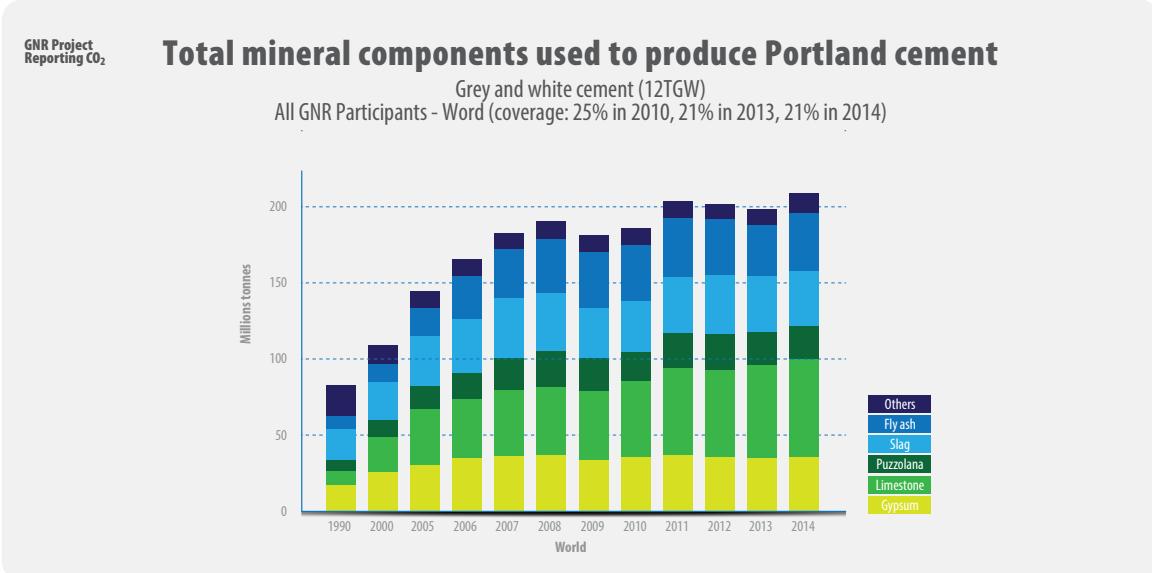


Figura 22

Fuente: The Getting the Numbers Right (GNR).



## Uso de Residuos como Combustibles Alternativos

Una de las principales fuentes de emisión de CO<sub>2</sub>eq es el uso de combustibles fósiles, que para el caso de la producción de cemento el uso de carbón es considerado como la línea base en esta materia. El carbón fue la principal fuente de energía para la producción de clínker, y sigue siendo relevante su participación en nuestra actual matriz energética. El desafío consiste en seguir reduciendo significativamente la participación de combustibles fósiles de alta emisión de CO<sub>2</sub>eq. Al igual que en el caso del factor clínker, esto se puede alcanzar mediante el reemplazo de estos combustibles por la valorización energética de

residuos, actividad conocida como coprocesamiento. En los siguientes tres gráficos podemos encontrar la matriz de consumo energético en la producción de clínker, donde la participación del combustible fósil bajó del 98% al 84,1% desde el año 1990 al 2014. La reducción de aproximadamente 14% significó incorporar grandes volúmenes de residuos al proceso, tales como neumáticos, sólidos urbanos y biomasa, siendo esta última la más relevante para la reducción de CO<sub>2</sub>eq, dado que se considera a la Biomasa como Carbono Neutral.

Figura 23

Fuente: The Getting The Numbers Right (GNR).

### Thermal energy consumption - Weighted average

excluding dryind of fuels - Grey clinker - by fuel category (% thermal energy) (25aAGFC)

All GNR Participants - World (coverage: 25% in 2010, 21% in 2013, 21% in 2014)

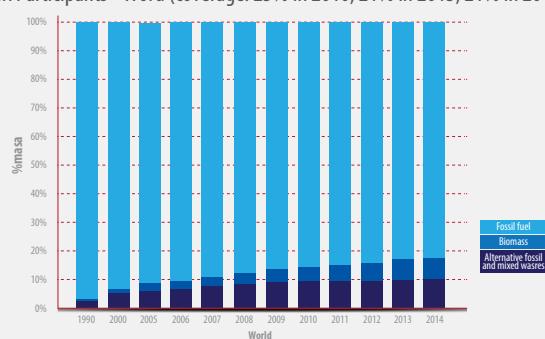


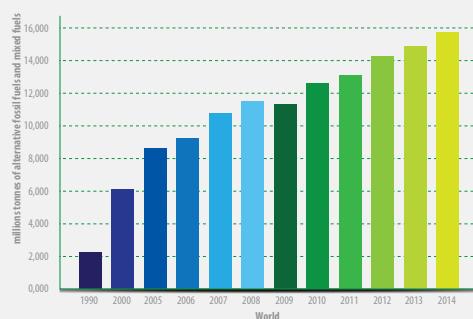
Figura 24

Fuente: The Getting The Numbers Right (GNR).

### Total alternative fossil fuels and mixed fuels consumption

Grey and white cement (108TGW)

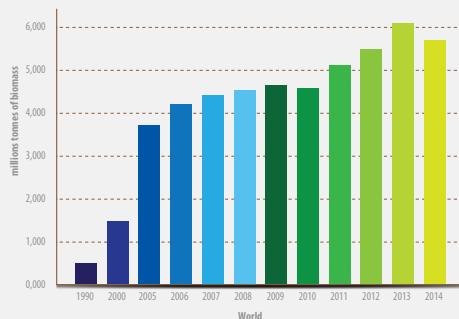
All GNR Participants - World (coverage: 25% in 2010, 21% in 2013, 21% in 2014)



### Total biomass fuels

Grey and white cement (115TGW) All GNR Participants - World

(coverage: 25% in 2010, 21% in 2013, 21% in 2014)



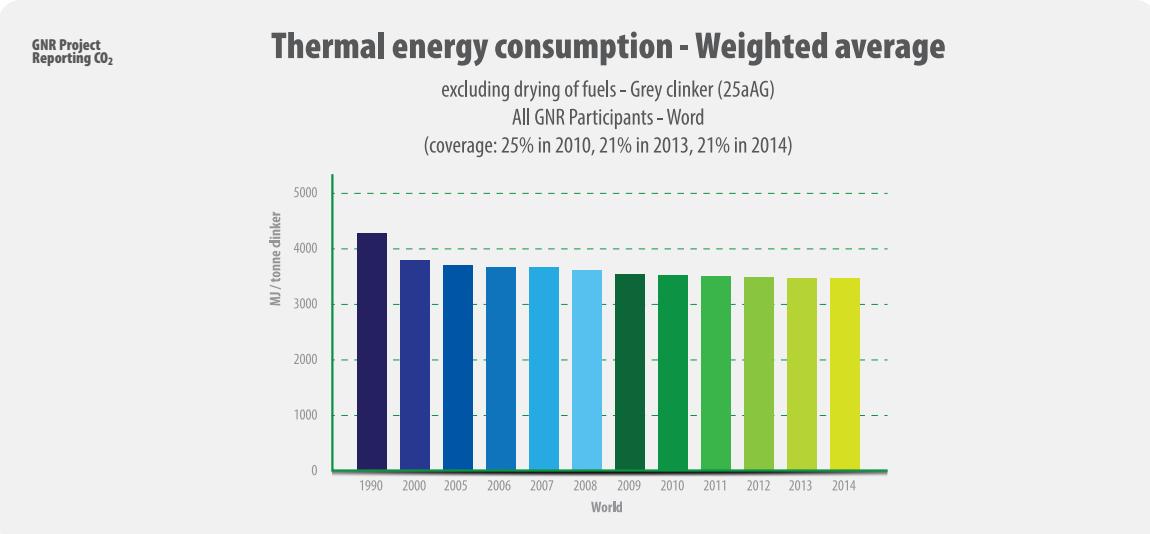
## Eficiencia Térmica en la Producción de Clínker

En la industria cementera conviven tecnologías antiguas y nuevas, principalmente por la alta inversión y vida útil asociadas. Las más recientes han sido desarrolladas bajo altos estándares de eficiencia energética en busca de la optimización de los costos al lograr reducir el uso de combustible en los hornos, lo que consecuencialmente produce una reducción en las emisiones directas de CO<sub>2</sub>eq. De aquí la importancia de determinar la tecnología en

operación, para poder definir los reales potenciales de reducción de emisiones. Por ejemplo, en Latinoamérica gran parte de los equipos cuentan con altos niveles de eficiencia, lo que reduce significativamente las oportunidades en este eje, dado que ya se han logrado las reducciones proyectadas. En el siguiente gráfico se aprecian los promedios mundiales de energía térmica para la producción de clínker.

Figura 25

Fuente: The Getting the Numbers Right (GNR).



## Eficiencia Eléctrica en la Producción de Cemento.

A diferencia de la eficiencia térmica, los consumos de energía eléctrica no sólo se restringen al horno, sino que a todo el ciclo de producción, siendo los equipos de mayor consumo los asociados a los procesos de molienda. Pero al igual que en el caso anterior, las nuevas tecnologías aportan una reducción significativa en el consumo de energía. Y en este caso no sólo se depende de la eficiencia energética, sino de las fuentes de generación de energía

eléctrica disponibles. La estrategias deberán considerar entonces, los efectos complementarios de la eficiencia energética y del tipo de suministro de energía eléctrica de la planta.

En la siguiente gráfica se aprecia la reducción permanente en el consumo de energía eléctrica kWh/Ton. cemento producida:

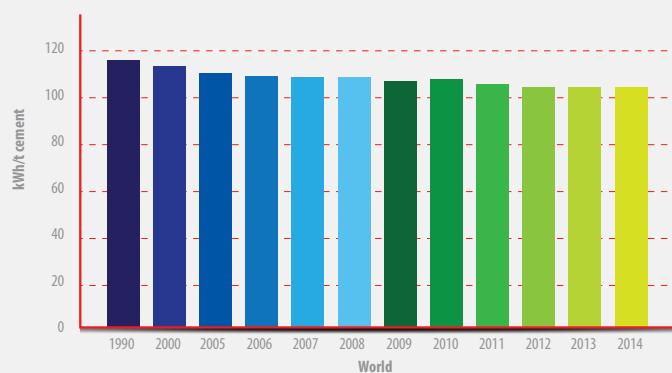
Figura 26

Fuente: The Getting the Numbers Right (GNR).

GNR Project  
Reporting CO<sub>2</sub>

### Cement plant power consumption - Weighted average

Grey and white cement (33AGW) All GNR Participants - World  
(coverage: 25% in 2010, 21% in 2013, 21% in 2014)



## 2.3 ROADMAP CSI 2009 "CEMENT TECHNOLOGY ROADMAP 2009"

El Roadmap de la Industria del Cemento, publicado en el año 2009, es el resultado de una colaboración exitosa entre la IEA, el WBCSD y las compañías miembros de la CSI. Su origen fue la reunión del G8 en Hokkaido (2008), donde se le solicitó a la IEA el desarrollo de un conjunto de hojas de rutas enfocadas en las tecnologías bajas en emisiones de carbono para distintos procesos industriales, incluyéndose la producción de cemento debido a que genera alrededor del 5% de las emisiones antropogénicas globales de CO<sub>2</sub>eq.

La elaboración del Roadmap 2009 se basó en los avances logrados por CSI y sus miembros que, desde el año 2002, trabajaron en sistemas de medición, reporte y mitigación para las emisiones de CO<sub>2</sub>eq en la producción de cemento, generando, además, recomendaciones para el desarrollo de políticas concretas que:

- Promuevan la eficiencia energética para hornos en uso y nuevos proyectos.
- Fomenten un mayor uso de combustibles alternativos.
- Fomenten y faciliten una mayor sustitución del clínker en el cemento.
- Favorezcan el desarrollo de la captura y almacenamiento de carbono (CAO).
- Fomenten la innovación, investigación y desarrollo (I&D) en la materia.
- Impulsen la colaboración internacional y las asociaciones mixtas público-privadas.

El Roadmap 2009 se encuentra inscrito dentro del “BLUE Map scenario”, el que analiza la importancia y necesidad de reducir a la mitad las tasas anuales de emisión de CO<sub>2</sub>eq para el año 2050. Este escenario demuestra, por un lado, los porcentajes de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>eq que cada sector industrial debiese implementar (Ver gráfico 4). Estos porcentajes van desde el 14%, en el caso del sector

construcción, hasta un 37%, en el sector del transporte. En el caso del sector energético, este también representa un porcentaje alto en la reducción de emisiones (32%). Su aplicación conjunta proyecta un escenario de 1.55 Gt de CO<sub>2</sub>eq (emisiones), a diferencia de uno estándar (sin la aplicación de estas tecnologías) de 2.34 Gt de CO<sub>2</sub>eq.

Figura 27  
Fuente: Agencia Internacional de Energía (EIA).

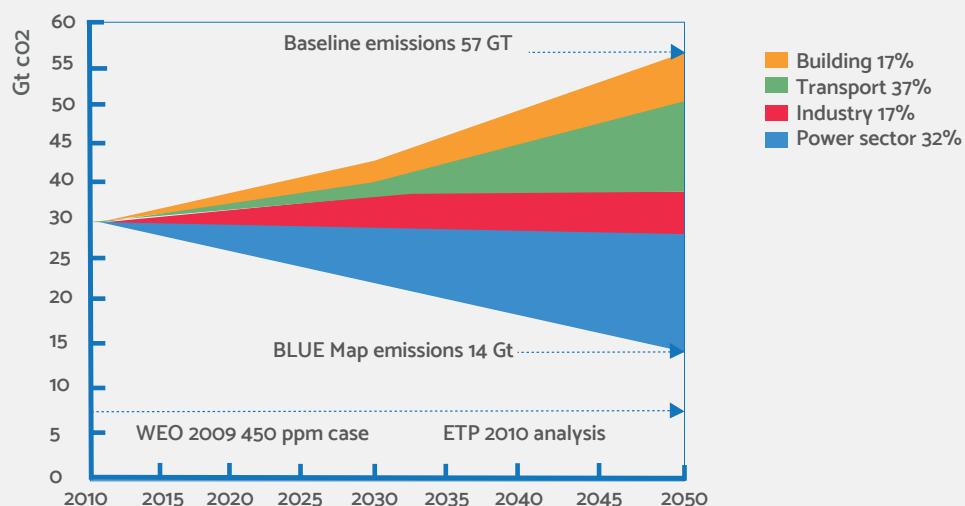


Gráfico 4<sup>22</sup> : Porcentaje de reducción de emisiones CO<sub>2</sub>eq para cada sector de la industria.

<sup>22</sup> <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/etp2010.pdf>

## Ejes de Reducción

Eficiencia Energética

Combustibles Alternativos

Factor Clíker

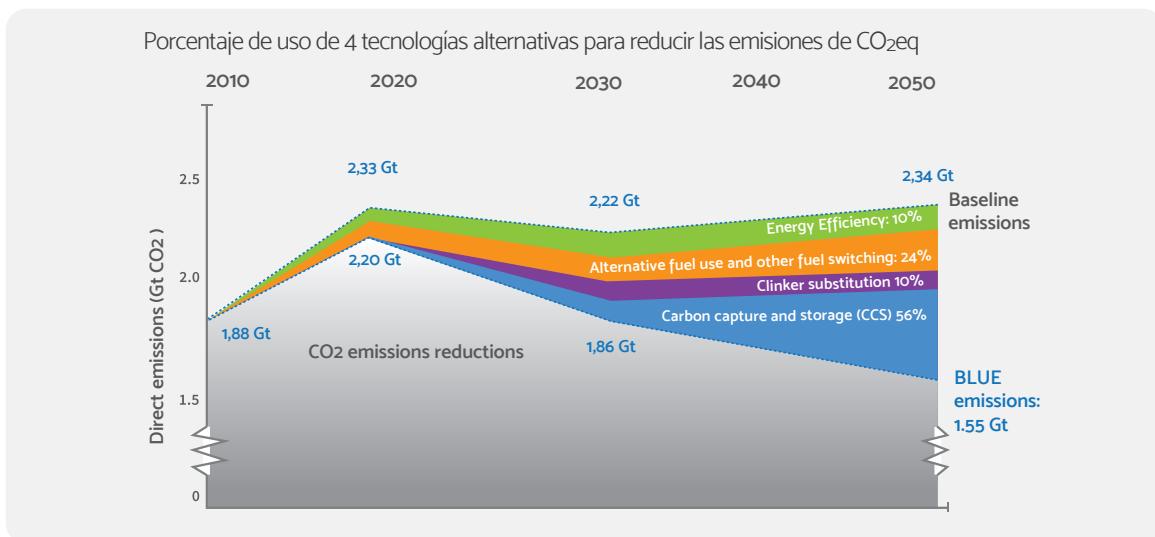
Captura y Almacenamiento

En el siguiente gráfico el BLUE Map scenario propone el porcentaje de uso de 4 tecnologías alternativas para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>eq a mediano (2030) y largo plazo (2050). Estas son:

- 10% Eficiencia energética
- 24% Uso de combustibles alternativos
- 10% Sustitución de factor clíker
- 56% Captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>eq -CAC-

Figura 28

Fuente: Agencia Internacional de Energía (EIA).



Su aplicación conjunta proyecta un escenario de emisiones 1.55 Gt de CO<sub>2</sub>eq, a diferencia de uno sin la aplicación de estas tecnologías con un total de 2.34 Gt de CO<sub>2</sub>eq.

El trabajo desarrollado se sustenta en cuatro ejes potenciales de reducción de CO<sub>2</sub>eq, los que no son independientes entre sí y se deben analizar en un contexto global. En este sentido, el potencial de reducción de emisiones se fundamenta en la medición de las emisiones netas y no en la sumatoria de reducciones individuales. Estos potenciales de reducción fueron seleccionados por la

IEA de un conjunto de opciones de mitigación y se detallan en 38 technology papers, desarrollados por la Academia Europea de Investigación del Cemento (ECRA-2009). Además del estudio desarrollado por ECRA (2009), distintas investigaciones realizadas en diferentes contextos: IEA (2008,2009), CCAP (2008), McKinsey (2008), han llegado a conclusiones similares para la reducción de CO<sub>2</sub>eq.

## Eficiencia térmica y eléctrica

Eficiencia Energética

Combustibles Alternativos

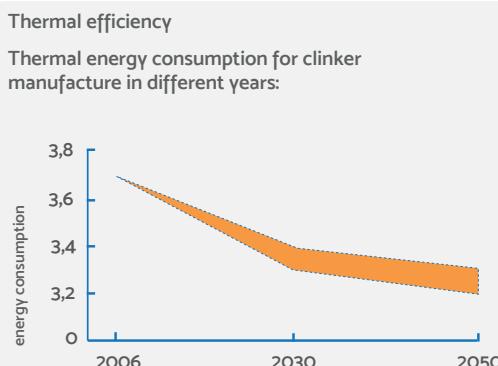
Factor Clíker

Captura y Almacenamiento

La Eficiencia térmica y eléctrica es gestionada directamente por la industria y supone menores costos de energía, por lo que la industria ha ido eliminando gradualmente hornos largos, secos e ineficientes, así como procesos de producción vía húmeda, reemplazándolos, por ejemplo, por procesos de fabricación en seco con tecnología de precalentador y precalcinador. La eficiencia térmica y eléctrica de una instalación está definida en gran parte por

Figura 29

Fuente: Roadmap CSI 2009.



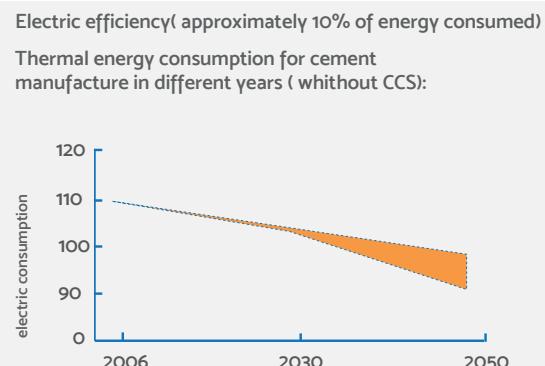
Consumo proyectado de energía térmica para una planta de cemento que use un horno con tecnología de punta.

Nota: Ambos gráficos muestran promedios estimados. El pronóstico de la IEA incluye la descarbonización global de la electricidad para 2050. Esta previsión se utiliza sólo en el caso de mitigación y no en la línea de base, por lo tanto las emisiones de CO<sub>2</sub>eq y los volúmenes de CAC en el caso de mitigación no se ven afectados por la eficiencia eléctrica.

su diseño de ingeniería original. Sin embargo, la eficiencia con la que se opera la maquinaria luego de la instalación y su posterior mantenimiento son claves al momento de asegurar el logro de las máximas eficiencias operativas y potenciales. A continuación se muestran la eficiencia térmica consumida y la eficiencia energética para la producción de clíker y de cemento, a través de los años.

Figura 30

Fuente: Roadmap CSI 2009.



Consumo proyectado de energía térmica para una planta de cemento que use un horno con tecnología de punta.

Nota: Ambos gráficos muestran promedios estimados. El pronóstico de la IEA incluye la descarbonización global de la electricidad para 2050. Esta previsión se utiliza sólo en el caso de mitigación y no en la línea de base, por lo tanto las emisiones de CO<sub>2</sub>eq y los volúmenes de CAC en el caso de mitigación no se ven afectados por la eficiencia eléctrica

Limitaciones: Este primer eje de reducción presenta límites en su implementación, referidos principalmente a razones técnicas (pérdida de calor por conducción, altos costos de inversión y la exigencia de alto desempeño del cemento que, al igual que la CAC y el uso de sustitutos del clíker, aumenta el consumo de energía) por la que el consumo teórico mínimo de energía primaria (calor) para las reacciones químicas y mineralógicas no es posible de alcanzar.

<sup>23</sup> ECRA Technology Papers (2009)

## Combustibles alternativos

Eficiencia Energética

Combustibles Alternativos

Factor Clíker

Captura y Almacenamiento

El empleo de combustibles alternativos pretende sustituir los combustibles habituales (carbón y/o coque de petróleo), por los combustibles alternativos derivados de residuos (residuos sólidos industriales y municipales previamente tratados, neumáticos desechados, aceite y solventes desechados, plásticos, textiles y papeles descartados); combustibles alternativos fosiles como el gas natural; y combustibles de biomasa (alimento para animales, troncos, astillas y residuos de madera, madera y papeles reciclados, residuos agrícolas, lodo de alcantarillado y cultivos de biomasa) los que combinados son un 20-25% menos intensivos en carbono que el

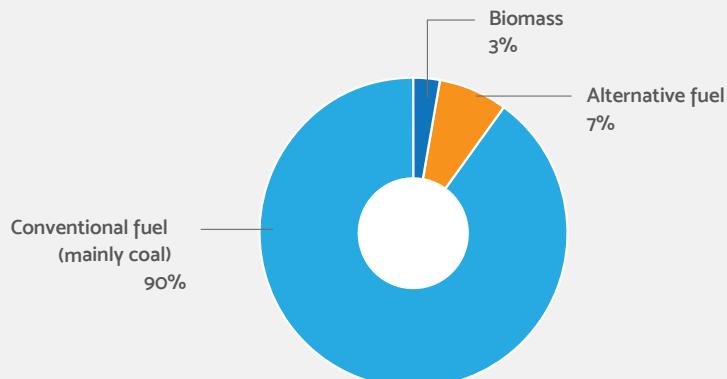
carbón, produciendo menos emisiones de CO<sub>2</sub>eq y evitando rellenos sanitarios innecesarios. En esta línea, se debe identificar y clasificar los materiales adecuados que podrían ser utilizados, como combustibles alternativos a fin de permitir la experticia generalizada de su uso en volúmenes altos y estables. Los hornos de cemento están particularmente bien adaptados a estos combustibles ya que poseen, como elemento energético, componentes que se encuentran integrados en clíker. De acuerdo al gráfico de GNR del año 2006 (gráfico 7), se indica el porcentaje de consumo total por fuente de combustible.

Figura 31

Fuente: The Getting the Numbers Right (GNR)

**GNR participants' alternative fuel use (2006)**

Percentage of total fuel consumption per fuel source



Source : Getting the Numbers Right data 2006, WBCSD

<sup>24</sup> Porcentaje de uso de combustibles alternativos, GNR 2006

<sup>24</sup> Datos de "Getting the Numbers Right" 2006, WBCSD

Limitaciones: Este segundo eje de reducción presenta limitaciones prácticas y políticas-legales en su implementación. En el caso de las limitaciones prácticas, éstas aluden a las diferencias en las propiedades físicas y químicas (bajo poder calorífico, alto contenido de humedad o alta concentración de cloro u de otros oligoelementos) entre los combustibles alternativos, diferencias que la

mayoría de las veces requieren tratamiento previo para garantizar una composición más uniforme y una combustión óptima. Sin embargo, los impedimentos más resistentes son aquellos políticos y legales, como la normativa sobre manejo de residuos, las redes locales de recolección de residuos, el costo de combustibles alternativos y el nivel de aceptación social.

### Perspectiva regional

Según un análisis geográfico de los datos GNR, los combustibles alternativos aportan el 20% de la energía necesaria en plantas cementeras europeas, un 11% en América del Norte y Japón-Australia-Nueva Zelanda, un 10% en Latinoamérica, un 4% durante el año 2006 en Asia y en África, Medio Oriente y la Comunidad de Estados

Independientes (CEI), lo que indica que el suministro a partir de energías alternativas pese al aumento de su incidencia, presenta un gran potencial de desarrollo. En la siguiente gráfica se muestra el uso estimado de combustibles alternativos y los niveles alcanzados a través de los años en cada región.

Figura 32  
Fuente: Roadmap CSI 2009.

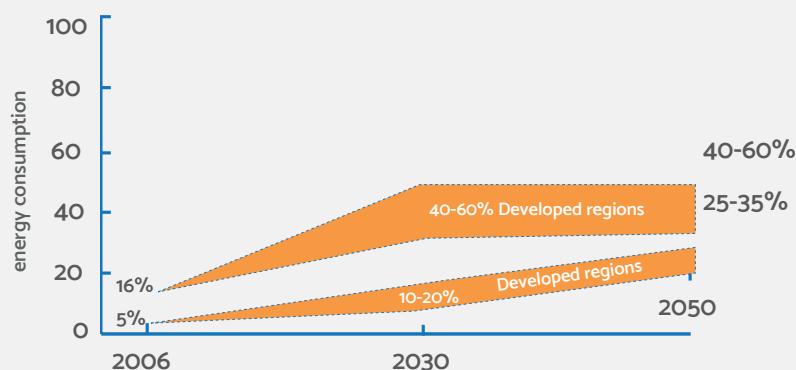


Gráfico 8: Uso estimado de combustibles alternativos (2006- 2050).<sup>25</sup> Nota: Los niveles máximos en cada región dependen de la competencia de otras industrias por combustibles alternativos.

<sup>25</sup> Documentos de Tecnología ECRA (2009), datos GNR 2006 (WBCSD), IEA (2009)

## Factor Clínker

Eficiencia Energética

Combustibles Alternativos

Factor Clínker

Captura y Almacenamiento

El clínker es el elemento principal en gran parte de los distintos tipos de cemento (alrededor de un 95% de la composición del Cemento Portland). Debido a sus propiedades hidráulicas, presentes también en la escoria de alto horno, las cenizas volantes y los materiales volcánicos, puede ser sustituido parcialmente reduciendo por tanto, los volúmenes de clínker utilizados y las emisiones de CO<sub>2</sub>eq.FICEM

En este sentido, es claramente necesaria una evaluación documentada de las propiedades del material de sustitución para conocer e informar qué sustitutos son los más adecuados para las aplicaciones de la industria cementera. El siguiente listado fue definido por ECRA como posibles sustitutos al clínker:

- Escoria de alto horno.
- Cenizas volantes.
- Puzolanas naturales.
- Puzolanas artificiales.

Limitaciones: Este tercer eje de reducción presenta, por un lado, límites técnicos en su implementación referidos a la posibilidad de obtener relaciones cemento-clínker, bajas en algunos tipos de cemento. Por otro lado, constatamos restricciones no técnicas, como la disponibilidad regional de materiales sustitutos de clínker (que podría verse afectada en gran medida por la política ambiental y la regulación) y el aumento de precio de éstos, las propiedades de los materiales de sustitución, los estándares nacionales para Cemento Portland Ordinario y cementos compuestos, como la aceptación y uso común de cementos compuestos por parte de contratistas de construcción y clientes. En la siguiente tabla se aprecian para cada uno de los sustitutos de clinker su origen, características positivas y limitantes, niveles estimados de producción y disponibilidad futura.



<sup>24</sup> Documentos de Tecnología ECRA (2009)

Figura 33

Fuente: Documentos de Tecnología ECRA 2009

Sustituto del Clíker	Fuente	Características positivas	Características limitantes	Nivel estimado de producción anual	Disponibilidad
Escoria de alto horno	Producción de hierro y acero	Mayor resistencia a largo plazo y resistencia química mejorada	Baja resistencia inicial y mayor demanda de energía eléctrica para la molienda.	200 millones de toneladas (2006)	Los volúmenes futuros de producción de hierro y acero son muy difíciles de predecir.
Cenizas volantes	Gases de combustión de hornos de carbón	Baja demanda de agua, docilidad mejorada mayor resistencia a largo plazo, mayor durabilidad (según aplicación).	Baja resistencia inicial, la disponibilidad puede ser reducida por el cambio en fuentes de combustible por parte del sector energético.	500 millones de toneladas (2006)	La cantidad y capacidad futura de plantas de energía a carbón es muy difícil de predecir.
Puzolanas naturales (por ej. ceniza volcánica, ceniza de cáscara de arroz, humo de silice)	Volcanes, algunas rocas sedimentarias, otras industrias.	Contribuye al desarrollo de fuerza, puede demostrar mayor docilidad, mayor resistencia a largo plazo y resistencia química mejorada.	La mayoría de puzolanas naturales hacen que se reduzca la resistencia inicial, las propiedades del cemento pueden variar de manera significativa.	300 millones de toneladas (2003), pero solo el 50% se ha utilizado.	La disponibilidad depende de la situación local muchas regiones no prevén el uso de puzolana para el cemento.
Puzolanas artificiales (por ej. arcilla calcinada)	Fabricación específica	Similares a las de las puzolanas naturales.	La calcinación requiere energía térmica adicional y por tanto reduce el efecto positivo de reducción CO <sub>2</sub> .	Desconocido	Disponibilidad muy limitada debido a restricciones económicas.
Piedra caliza	Canteras	Docilidad mejorada	Mantener la fuerza puede requerir energía adicional para la molienda de clíker	Desconocido	Fácilmente disponible

Tabla 2: Sustitutos del clíker, sus características y limitaciones

## Captura y almacenamiento de carbono (CAC)

### Eficacia Energética

### Combustibles Alternativos

### Factor Clíker

### Captura y Almacenamiento

La CAC es una técnica reciente de captación de CO<sub>2</sub>eq la que consiste en prensar el CO<sub>2</sub>eq, al mismo tiempo tiempo en que se emite, transformándolo en un líquido, para luego ser trasladado a través de tuberías hacia su almacenamiento permanente a gran profundidad. Este método aún no es demostrado a escala industrial, pero es potencialmente prometedor y sólo tiene utilidad cuando se involucra la cadena completa de CAC. Esta es : infraestructura de transporte, acceso a lugares de reserva apropiados, un marco legítimo para traslado y depósito de CO<sub>2</sub>eq, supervisión y fiscalización y procedimientos de adjudicación de licencias. Pero actualmente no es posible hacer una estimación detallada de la implementación potencial de tecnologías de CAC, puesto que se requiere financiamiento adicional para su investigación.

Las tecnologías de captura de CO<sub>2</sub>eq que propone el Roadmap CSI 2009 son:

- Tecnologías post-combustión: mecanismos como la absorción química, adsorción física o absorción mineral, tecnologías de membrana, formación de anillos de carbono, aplicados al final del tubo y que no requieren

transformaciones importantes en el procedimiento de quema de clíker.

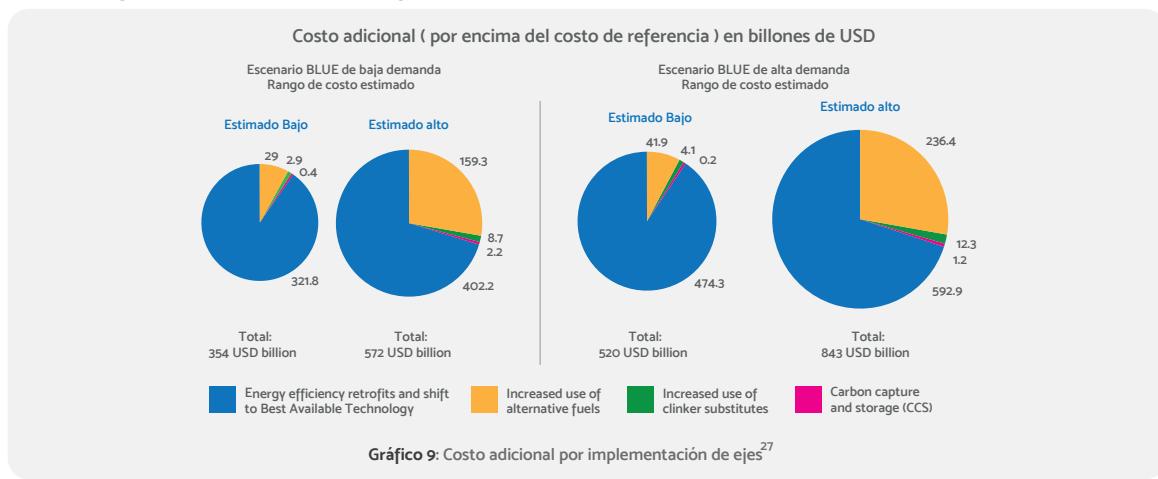
- Tecnología de oxicombustión: uso de oxígeno en vez de aire en hornos de cemento, produciendo CO<sub>2</sub>eq parcialmente puro.

Limitaciones: Este cuarto eje de reducción posee limitaciones en su implementación a nivel técnico y político, como la obtención de permisos y aprobaciones para el transporte y almacenamiento de CO<sub>2</sub>eq, autorización por parte de los habitantes del sector, en cuanto a los proyectos de CAC propuestos en sus comunidades y la educación, difusión y financiación de investigaciones sobre la CAC por parte de los gobiernos y la industria.

La limitante económica es la significativa inversión adicional necesaria para implementar y desarrollar tecnologías de reducción de CO<sub>2</sub>eq para la industria cementera hasta el 2050 (BLUE Map scenario), y está en el rango de USD 350 mil millones a USD 840 mil millones a nivel mundial. Estas inversiones son críticamente sensibles a los futuros costos que suponen las instalaciones de CAC en las plantas de cemento, de acuerdo a lo que se señala en la figura 34.

Figura 34

Fuente: Agencia Internacional de Energía (IEA), 2009.



<sup>27</sup> IEA, 2009

## INDICADORES ROADMAP CSI 2009

Los indicadores que se exponen a continuación en la tabla 2, ilustran aquello que se necesita desarrollar en la industria del cemento para lograr los objetivos establecidos en la Roadmap 2009. Estos indicadores ayudan a monitorear el progreso de los objetivos, además de ser útiles en el desarrollo de futuras tecnologías y políticas públicas. Estos indicadores cubren la implementación de la mejor

tecnología disponible, el uso de combustibles alternativos, la sustitución de clíker y las necesidades de desarrollo. En el caso de las cifras de CAC, estas son ambiciosas y dado el estado actual de viabilidad técnica y comercial no probada, ponen de manifiesto la necesidad latente de acciones dirigidas a llevar adelante y profundizar las investigaciones asociadas.

Figura 35

Fuente: Agencia Internacional de Energía (IEA) 2009.

Indicadores- Hoja de Ruta del Cemento						
	2012	2015	2020	2025	2030	2050
Consumo de energía térmica por tonelada de Clíker (Gj/ ton)	3.9	3.8	3.5-3.7	3.4-3.6	3.3-3.4	3.2
Proporción de uso de combustibles alternativos y biomasa (1)	5-10%	10-12%	12-15%	15-20%	23-24%	37%
Relación Clíker-cemento	77%	76%	74%	73,5%	73%	71%
CSS						
Nº. de plantas piloto	2	3				
Nº. de plantas demo operación		2				
Nº. de plantas cciales en operación			6			
Mt almacenados	0,1	0,4	5-10	10-15	50-70	200-400
Toneladas de emisiones de CO <sub>2</sub> por tonelada de cemento (2)	0,75	0,66	0,62	0,59	0,56	0,42

Tabla 2: Indicadores – Hoja de Ruta del Cemento <sup>28</sup>

Notas: (1) Supone 25 a 30 Mton de uso de combustibles alternativos en 2015 y 50 a 60 Mtoe en 2030, y excluye la energía de CAC y el uso de electricidad, (2) Incluye reducciones producto de CAC.

Mas allá de los cuatro ejes de reducción ya señalados, los cementos bajos en carbono o con carbono negativo se presentan también como posibles alternativas para la disminución de emisiones. Estos cementos con carbono negativo (Novacem, Calera, Calix o el cemento de geopolímeros) tienen propiedades

mecánicas similares a las del Cemento Portland, pero aún no se ha demostrado su viabilidad económica, ni su producción a gran escala, por lo que no se ha determinado si pueden o no tener un impacto medible en la futura industria del cemento. Por esta razón, no se han incluido en el análisis de la Roadmap para la Tecnología Cementera.

<sup>28</sup> IEA, 2009

## 2.4 ECRA DESARROLLO DE LAS TÉCNICAS DEL ESTADO DEL ARTE EN LA PRODUCCIÓN DEL CEMENTO

El Roadmap Cement 2009, basó su estrategia de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>eq en la investigación desarrollada por la “European Cement Research Academy” (ECRA), publicada en el año 2009.

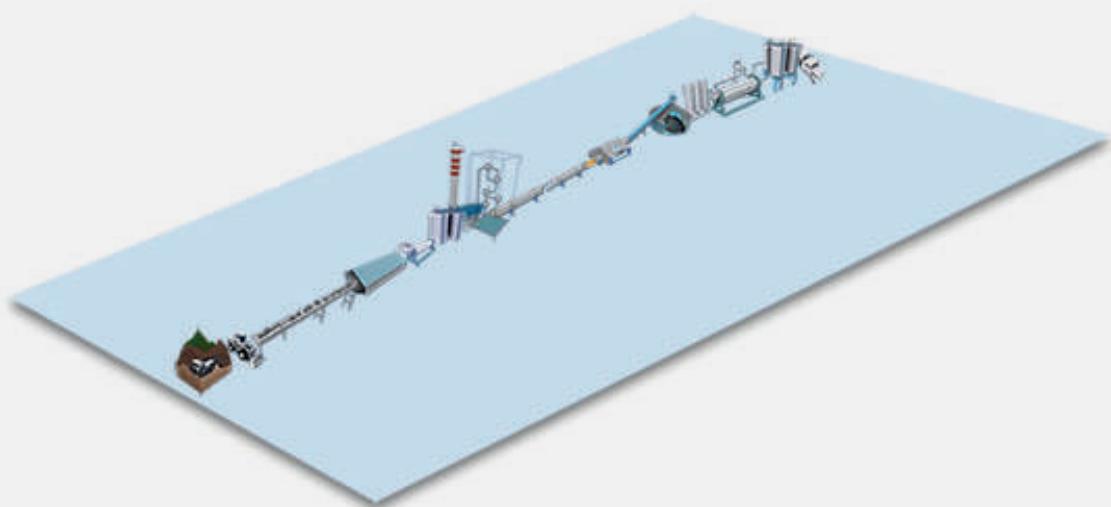
La ECRA fue creada el año 2003 con la intención de favorecer y estimular el desarrollo e innovación en la Industria del Cemento, a través de la producción de conocimiento y su posterior difusión. La investigación de la ECRA identifica, describe y evalúa las tecnologías que puedan contribuir a aumentar la eficiencia energética y

reducir las emisiones de gases efecto invernadero procedentes de la producción mundial de cemento actual en el mediano y largo plazo.

La Academia está administrada por un Consejo Asesor Técnico, integrado por delegados de la industria europea del cemento, presidido por Daniel Gauthier (HeidelbergCement), quien es el encargado de fijar el rumbo de los proyectos investigativos y controlar las finanzas de la Academia.

**Figura 36**  
Fuente: Documentos de Tecnología ECRA 2009.

Una mirada de presente y futuro fue lo que realizó la ECRA para poder generar las bases del Roadmap de CSI.



<sup>29</sup> Ecra-online.org. (2017). About - ECRA Online. [online] Disponible en: <https://www.ecra-online.org/172/> ([http://www.asiapacificpartnership.org/cement\\_tf\\_technologies\\_booklet.aspx](http://www.asiapacificpartnership.org/cement_tf_technologies_booklet.aspx)).

## Papers ECRA 2009

Con el fin de identificar un conjunto de opciones de mitigación, la ECRA, a solicitud de la IEA, WBCSD y CSI, generó 38 papers de los cuales 5 son llamados "Estado del Arte" y 33 "Technology Papers". Los papers del estado del arte resumen los logros y oportunidades de eficiencia energética, uso de combustibles alternativos y biomasa, reducción del contenido de clíker como también la captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>eq.

Para el caso de los Technology Papers, el CSI proporcionó datos técnicos de su proyecto GNR en el que se recogieron datos de 800 instalaciones de cemento alrededor del mundo. Los datos promedio de todas las plantas de cemento se utilizaron para definir la planta de cemento típica actual (capacidad de clíker de 2 millones de toneladas por año o 6.000 toneladas por día, respectivamente). Para los datos de costos, se tomó como referencia los precios de Europa central.

## Papers del estado del arte

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

1. Eficiencia térmica en la producción de cemento.
2. Eficiencia eléctrica en la producción de cemento.
3. Los combustibles alternativos y el uso de biomasa en la industria del cemento.
4. Reducción del contenido de clíker en cemento.
5. Captura y almacenamiento de carbono.

## Technology Papers

Los 33 documentos conocidos como technology papers, son aplicaciones específicas para la reducción de CO<sub>2</sub>, los que van desde tecnologías en uso hasta desafiantes innovaciones para la futura producción de cemento.

1. Mejorar la aptitud de cocción de la mezcla de materias primas, por ejemplo, por mineralizantes.
2. Cambiar de hornos largos a hornos con precalcinador/precalentador.
3. Modificación de precalentador (por ej. ciclones con menor pérdida de presión).
4. Enfriador de clíker de tecnología eficiente.
5. Recuperación de calor residual.
6. Etapas de ciclones precalentadores adicionales.
7. Tecnología de enriquecimiento de oxígeno.
8. Mejorar control/automatización de plantas de envasado.

9. Materias primas alternativas descarbonatadas para la producción de clíker.
10. Combustibles alternativos, reemplazando combustibles fósiles convencionales.
11. Cambio de combustible (carbón/coque de petróleo/petróleo/gas/biomasa pura)
12. Aumento de la capacidad del horno.
13. Reemplazo de quemador mono canal a quemador moderno multicanal.
14. Sistema avanzado de horno de cemento de lecho fluidizado.
15. Molienda de cemento con molinos de rodillos verticales y prensas de rodillos.
16. Separadores de alta eficiencia.
17. Optimización de los parámetros de funcionamiento de los molinos de bolas.
18. Variadores de velocidad.
19. Molienda separada de los componentes de la materia prima.
20. Tecnología avanzada de molienda.
21. Reducción adicional del contenido de clíker en cemento mediante uso de escorias de alto horno granulado.
22. Alto rendimiento cementos resulta en la reducción del contenido de cemento en el hormigón.
23. Impacto del factor de saturación de cal muy alto/muy bajo.
24. Reducción adicional del contenido de clíker en el cemento mediante el uso de ceniza volante.
25. Reducción adicional del contenido de clíker en el cemento mediante el uso de puzolanas.
26. Reducción adicional del contenido de clíker en el cemento mediante el uso de otros materiales.
27. Cemento de geopolímeros.
28. Otros clíckers de bajo carbonato (clíckers de belita, clíker de sulfoaluminato de calcio y otros).
29. Hidrógeno a partir de gas de síntesis en procesos de gasificación utilizados como combustible para quemadores de hornos de cemento (tecnología de precombustión para la captura de CO<sub>2</sub>eq).
30. Tecnología de oxicombustible como parte de la captura y el almacenamiento de carbono.
31. Captura post-combustión utilizando tecnologías de absorción.
32. Captura post-combustión usando procesos de membrana.
33. Captura post-combustión utilizando sorbentes sólidos.

De acuerdo a los antecedentes entregados por el CSI en el encuentro de Madrid (diciembre del 2016), durante el año 2017 se publicaron los Technology Papers, de los cuales 32 fueron una actualización de los existentes y se incorporaron 20 nuevos. Para esta actualización se ocuparon los datos

de GNR 2014 y las nuevas temáticas abordadas fueron: recuperación de calor residual, pretratamiento de combustible, tecnología de moliendas optimizadas, nuevos tipos de cemento y captura y uso de carbono. Listado disponible en la página 86 de este documento.

### **3. HOJAS DE RUTA EN EL MUNDO**

Como parte de las investigaciones realizadas sobre experiencias internacionales para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción de cemento en el mundo, podemos destacar los esfuerzos realizados por Cembureau en su Hoja de Ruta para Europa y los proyectos de Hojas de ruta ya publicados en India, Egipto y España. Además destacamos el trabajo realizado en Brasil para la construcción de su propia Hoja de Ruta próxima a ser publicada. En general

todos estos proyectos contemplan algunos o todos los ejes de reducción establecidos por CSI, adecuándolos cada uno de ellos a las realidades locales de mitigación y en algunos casos incorporando ejes de reducción en el uso del cemento y atributos del mismo para las necesidades locales de adaptación al cambio climático.

En las siguientes páginas se entrega un resumen de las Hojas de Ruta de Europa, India, Egipto y Brasil.



### 3.1 Roadmap Cembureau

CEMBUREAU lanzó en 2013 el Roadmap para la industria cementera europea, respondiendo al objetivo de la Comisión Europea de lograr una reducción del 80% de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq antes de 2050, esto equivale a reducir 81 Mt CO<sub>2</sub>eq. El Roadmap se basó en 5 ejes paralelos para la reducción de las emisiones relacionadas con la producción de cemento y concreto, tres están bajo control de la industria cementera (eficiencia de los recursos, eficiencia energética y captura y almacenamiento de carbono), éstos conducen a un potencial de reducción del 32% al 2050 en comparación con los niveles de 1990. Para llegar a un 80% de reducción la industria cementera deberá implementar la tecnología de captura y almacenamiento de carbono (CAO), esto significará que el 85% de la producción de clíker contará con esta tecnología.

CEMBUREAU desarrolló su Roadmap con una mirada en conjunto con el sector de la construcción, integrando

además a los representantes políticos, académicos y sociedad civil.

El Roadmap proyecta que las construcciones desarrolladas a partir de nuevas tecnologías que usen concreto, podrán reducir hasta un 60% su consumo de energía y en emisiones de CO<sub>2</sub>eq asociadas, durante su ciclo de vida. Dado que entre el 88% y 98% de las emisiones totales del ciclo de vida del edificio están vinculadas a la fase de uso, el potencial de ahorro que ofrecen los edificios de concreto durante su vida útil puede compensar totalmente las emisiones iniciales resultantes de la producción de cemento.

La estrategia desarrollada tiene como eje central comunicar los logros y esfuerzos de la industria cementera europea en la mitigación de emisiones de GEI, elaborando un documento que permite ver claramente la potencialidad de reducción de cada uno de los ejes y los desafíos que se presentarán en el sector para lograr el objetivo propuesto.

<sup>30</sup> <http://lowcarboneconomy.cembureau.eu>

## Línea Base de Emisiones de CO<sub>2</sub> 1990

Con respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub>eq, en la siguiente gráfica se puede apreciar que en el año 1990 las mayores

contribuciones eran la emisión por descarbonatación y el uso de combustibles fósiles.

Figura 37

Fuente: Roadmap CEMBUREAU 2013.

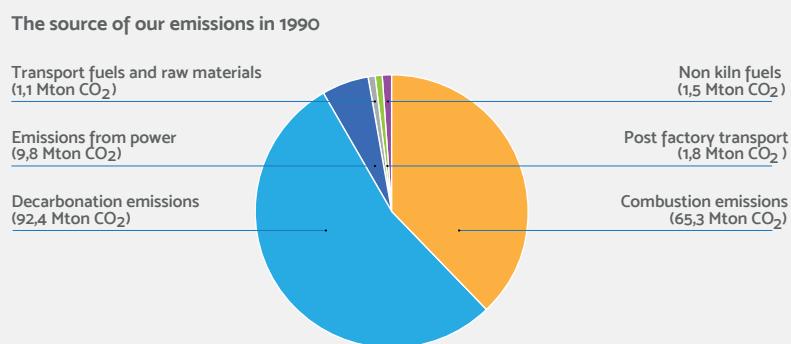


Gráfico 10: Fuente de emisiones europeas en 1990. Pág.11 Roadmap CEMBUREAU

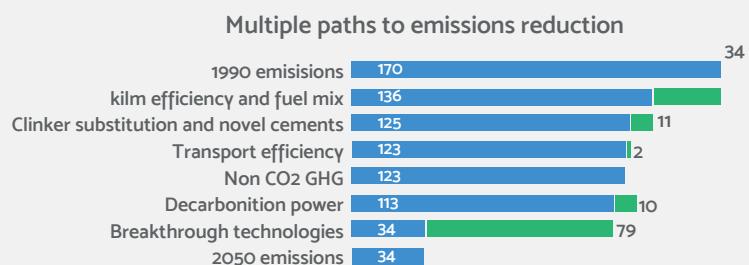
## Potenciales de Reducción

Con respecto a los potenciales de reducción se puede apreciar en la siguiente gráfica que la industria europea de cemento quiere pasar de los 170 (1990) a 34 (2050) Mt de

emisiones de CO<sub>2</sub>eq, en donde las mayores contribuciones serán en la captura con 7934 Mt CO<sub>2</sub>eq y eficiencia energética con 34 Mt de CO<sub>2</sub>eq.

Figura 38

Fuente: Roadmap CEMBUREAU 2013.



Building blocks and assumptions can be found on [lowcarboneconomy.cembureau.eu](http://lowcarboneconomy.cembureau.eu)

Gráfico 11: Múltiples caminos para la reducción de emisiones. pág.11 Roadmap CEMBUREAU

## Reducción en los últimos 20 años

Para demostrar las mejoras alcanzadas se realizó una comparación entre los procesos existentes en el año 1990 con respecto al año 2010, destacando que en este período el factor de emisión CO<sub>2</sub>eq por tonelada de cemento pasó de 719 kg a 660 kg. El documento destaca los cambios más relevantes de la industria en los últimos 20 años.

- Reemplazo de los antiguos hornos de tecnología húmeda con hornos de tecnología avanzada. Hoy en día, más del 90% del clíker producido en Europa se basa en esta tecnología.
- Mejora de las tecnologías de molienda.
- Optimizar los controles de procesos.

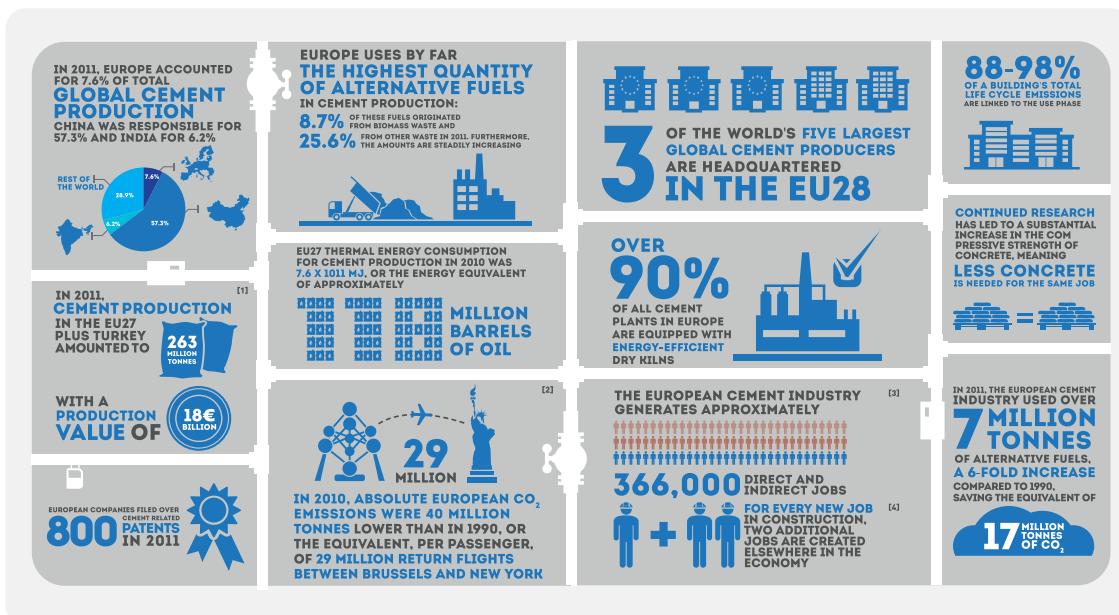
- Uso de residuos en reemplazo de combustibles tradicionales.
- Uso de residuos como : suelos contaminados, residuos de construcción, moldes de cerámica, arena de fundición, CKD, ladrillos refractarios, cenizas volantes como materias primas.

A continuación se puede apreciar la forma como se presentaron los indicadores estratégicos de la industria europea.

En la siguiente infografía publicada en la Hoja de Ruta se aprecian los principales indicadores y aportes de la industria del cemento.

Figura 39

Fuente: Roadmap CEMBUREAU 2013.



## Ejes para la Reducción de Emisiones

En la siguiente tabla presentada en Roadmap, se especifican las acciones más relevantes para los cinco ejes ya descritos, además el documento contiene un resumen de cada una de ellas.

Se puede apreciar que en los ejes 4 y 5 las acciones a desarrollar no son parte de la producción de cemento, lo que demuestra el compromiso de la industria de asumir la

responsabilidad del ciclo de vida del cemento en su totalidad.

A continuación se presenta un resumen de los ejes y acciones presentados en el Roadmap.

Figura 40  
Fuente: Roadmap CEMBUREAU 2013.

1	2	3	4	5
<b>Eficiencia de los recursos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Combustibles alternativos</li> <li>•Sustitución de materias primas</li> <li>•Sustitución de Clíker</li> <li>•Cementos Nuevos</li> <li>•Eficiencia del transporte</li> </ul>	<b>Eficiencia energética</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Eficiencia energética eléctrica</li> <li>•Eficiencia energética térmica</li> </ul>	<b>Captura y reutilización del carbono</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Captura y reutilización del carbono</li> <li>•Captura de carbono biológico</li> </ul>	<b>Eficiencia del producto</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Concreto de bajo contenido de carbono</li> </ul>	<b>Aguas abajo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Edificios inteligentes y desarrollo de infraestructura</li> <li>•Reciclaje de concreto</li> <li>•Recarbonización</li> <li>•Construcción sostenible</li> </ul>

Tabla 3: Ejes para la reducción de emisiones. pág.27 Roadmap CEMBUREAU

## 1 Eficiencia Recursos

De acuerdo a lo señalado en el Roadmap, los combustibles alternativos representan casi un tercio de todos los combustibles en la industria cementera de la UE y su uso se ha incrementado en más de 7 millones de toneladas en 2010, siete veces desde 1990. La sustitución de combustibles fósiles realizada por la industria cementera europea por materiales de desecho como neumáticos, lodos, aserrín, ha contribuido en la reducción de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>eq. Además, han incorporado las cenizas de la combustión como materia prima en la producción de cementos. Para aumentar su uso y acceso, la industria deberá estar apoyada por legislación que incentive el co-procesamiento de materiales de desecho, con el objetivo de potenciar sus beneficios y mejorar la aceptación social de su uso en las plantas de cemento.

Se identifica además el crecimiento en la demanda de energía verde y competencia con otros sectores de la industria (centrales eléctricas, industria siderúrgica, calderas de biomasa) que también buscarán reducir sus emisiones y cumplir el objetivo propuesto.

Se estimó que para lograr una reducción del 27% al año 2050, el 60% de la energía del horno deberá ser proporcionada por combustibles alternativos y el 40% de fuentes tradicionales (carbón 30% y petcoke 10%).

La sustitución de materias primas se estimó que alrededor del 3% al 4% utilizado en la producción de clínker en Europa correspondió a materias primas alternativas y cenizas de combustible, totalizando alrededor de 14,5 millones de toneladas al año. (La proyección del aumento de la sustitución de materias primas aportará otros beneficios, como el incremento en el uso de los residuos de construcción y demolición, estos representan el grupo con mayor volumen y al reintegrarlos en el proceso de fabricación se reemplazará materia prima baja en emisiones de CO<sub>2</sub>eq, por otra parte, otro beneficio es la reducción de la necesidad de nuevas canteras. El desafío para este eje será la disponibilidad de los residuos cerca de

la planta, su composición, tratamiento y capacidad de almacenamiento que puede ser limitado y no garantiza el funcionamiento continuo del proceso productivo.

El promedio actual de sustitución de clínker en la UE es del 73,7%, de acuerdo con la norma europea el contenido teórico de clínker de los cementos puede variar entre 5% y 95%. Dependiendo del tipo de aplicaciones, a nivel europeo, se estimó que la relación clínker-cemento se puede reducir al 70%, lo que se traduce en un ahorro adicional de CO<sub>2</sub> del 4%. El desafío de la industria cementera europea será demostrar que el cemento fabricado es seguro y duradero (norma europea EN 197-1), aunque posea un mayor porcentaje de sustitución de clínker en su composición.

El Roadmap incluye una cuota del 5% para nuevos cementos de la producción total, es decir 11 millones de toneladas. En la actualidad la industria cementera europea no conoce la reducción potencial exacta del carbono, pero estima que está alrededor del 50% de acuerdo al modelamiento realizado sobre el 5% de la producción total de cemento. El desafío de este eje será contar con las materias primas para su elaboración, cumplir con la calidad de los productos de acuerdo a la normativa y su aceptación en el mercado y además desarrollar la capacidad de producción necesaria para tener un impacto significativo en la reducción de emisiones de la industria.

El Roadmap proyecta que el transporte por carretera se reducirá al 50% para el año 2050, tanto el ferrocarril como el transporte marítimo representarán el 23% cada uno, por lo que la innovación en el sector estima que las emisiones podrían reducirse a la mitad. Por otra parte se señala que, a medida que la industria descarboniza las operaciones de su planta, el transporte podría llegar a representar una proporción creciente del impacto de los gases de efecto invernadero (GEI) de la industria cementera, si es que ésta no es lo suficientemente eficiente.

## 2 Eficiencia Energética

El modelo incluido en este Roadmap supone una descarbonización total del sector eléctrico para 2050, por lo cual la eficiencia eléctrica no aportará a la reducción de CO<sub>2</sub>eq. Sin embargo, se prevé que la tecnología de captura de carbono y el control de otros contaminantes (como el NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> y polvo) aumentará entre el 50% y 120%, lo que será un desafío para la competitividad de la industria. De acuerdo a los datos de GNR para el año 2010, la energía térmica necesaria para producir una tonelada de clíker fue de 3.730 MJ, si bien Europa cuenta con hornos de alta

eficiencia, aun así se prevé la eliminación de los procesos menos eficientes y además implementación de nuevas tecnologías, proyectándose un consumo térmico de 3.3 MJ / ton de clíker en 2050. Este valor puede mejorar aún más con la implementación de tecnologías para la recuperación del calor residual (WHR). Especial cuidado se debe tener en el significativo aumento en el uso de combustibles alternativos lo que afectará la eficiencia energética de las plantas.

## 3 Captura y Reutilización de Carbono

Este eje está siendo desarrollado a través de distintos proyectos de investigación, uno de ellos es la captura posterior a la combustión que se podría realizar a través de la absorción química, membranas y tecnologías de limpieza, por ejemplo el proceso de absorción química consiste en poner en contacto óxido de calcio con el gas de combustión que contiene CO<sub>2</sub>eq para producir carbonato de calcio.

Otra forma de captura es utilizar oxígeno en lugar de aire para la combustión en los hornos de cemento, sin embargo se señala que esta tecnología todavía está en su primera fase de estudio y requiere desarrollo.

La captura de una parte sustancial de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq se ha determinado técnicamente posible, y se prevé tres posibles escenarios post captura: reutilización, valoración y almacenamiento.

Reutilización de CO<sub>2</sub>eq por ejemplo como materia prima en procesos tales como:

Producción de bebidas carbonatadas, sin embargo, esto ofrece un potencial muy limitado de uso.

Materiales de construcción que convierten CO<sub>2</sub>eq en carbonatos y bicarbonatos usando un catalizador enzimático.

Polímeros de carbonato (bioplásticos).

Materia prima para la fabricación de disolventes.

Síntesis de metanol fusionando generación de CO<sub>2</sub>eq y H<sub>2</sub>.

El CO<sub>2</sub>eq capturado también podría ser almacenado en forma subterránea. Esto se considera en el Roadmap como un último recurso, sin embargo las cantidades de CO<sub>2</sub>eq capturadas serán enormes y no está claro si las capacidades de utilización y valorización podrían absorberlas.

Los desafíos de este eje es la construcción de nuevas plantas equipadas con tecnología de captura de carbono y la adaptación de las plantas existentes supondrá un importante gasto de capital, así como un aumento significativo de los costos operativos. Las tecnologías de captura sólo podrían ser útiles si se dispone de una cadena

completa, incluida la infraestructura de transporte, el acceso a sitios de almacenamiento adecuados, un marco jurídico para el transporte, el almacenamiento, el control, la verificación y los procedimientos de concesión de licencias. Otra forma de captura es la captura biológica, para la cual se están desarrollando investigaciones en España y Francia, por ejemplo con el uso de algas como un medio de absorción de CO<sub>2</sub> y, posteriormente, podrían ser utilizadas como combustible. También la biomasa de algas podría ser transformada en biocombustibles de tercera generación, bioplásticos o compuestos de alto valor agregado como antioxidantes, lípidos o proteínas.

## 4 Eficiencia del producto

Este eje está fuera de la producción de cemento y se basa en desarrollar concreto de bajo contenido de carbono, mediante abastecimiento local de materias primas para la producción de concreto lo que tiene efectos directos en

eficiencia de transporte, el reciclaje de residuos de la construcción para materias primas alternativas (por ejemplo áridos reciclados) y la producción de concretos de alta resistencia utilizando un menor porcentaje de cemento.

## 5 Aguas abajo (edificios inteligentes y desarrollo de infraestructura, reciclaje de concreto, recarbonización, construcción sostenible)

El Roadmap visualiza la reducción de emisiones con una mirada más allá de las puertas de la industria, es por ello que se está realizando investigación y desarrollo de productos para mejorar el desempeño ambiental del concreto y establecer eficientemente cómo reutilizar la infraestructura y reciclaje de los residuos provenientes de la construcción.

Se señala que los edificios nuevos se construirán con la capacidad de consumir un 60% de energía durante su ciclo de vida con relación a los edificios convencionales.

Cada año en Europa se generan unos 200 millones de toneladas de residuos de construcción y demolición. La meta planteada de vertedero cero implicará un gran volumen de reciclaje de concreto, lo que sólo será factible

cuando el sector disponga de la infraestructura adecuada e implemente un sistema de separación y control de calidad.

Se han realizado estudios para analizar el potencial de recarbonización y se muestra que entre el 5% y 20% del CO<sub>2</sub>eq emitido durante el proceso de fabricación del cemento se captura durante el ciclo de vida útil del concreto y entre un 5% a 10% adicional puede ser capturada durante el reciclaje, lo que implica dejar el concreto triturado varios meses expuesto a la atmósfera. Esto significaría que cuando se aplican prácticas adecuadas de reciclaje, hasta un 25% del CO<sub>2</sub>eq emitido originalmente puede ser reabsorbido.

## Recomendaciones de Políticas

Para terminar el Roadmap de CEMBUREAU determina la importancia de que otros actores distintos a la industria generen políticas y/o prácticas que fortalezcan los 5 ejes definidos, siendo este punto crucial en el éxito del desafío planteado por la industria del cemento en Europa de reducir en un 80% las emisiones de CO<sub>2</sub>eq, entre el período de 1990 al 2050. A continuación un resumen de las políticas recomendadas.

- Diseñar e implementar una política de residuos que reconozca y recompense los beneficios del co-procesamiento y su estrecha integración con otras industrias.
- Garantizar la igualdad de condiciones para el uso de los residuos de biomasa mediante la eliminación de los subsidios que favorecen a una industria frente a otra.
- Adoptar políticas que recompensen el uso de fuentes locales y materiales ampliamente disponibles.
- Fomentar el uso de las redes ferroviarias y de las vías naveables interiores.
- Permitir el desarrollo de canteras y plantas de cemento cercanas al consumo.
- Garantizar que las industrias europeas tengan acceso a la electricidad a niveles de precios justos y asequibles (incluidos los impuestos y las tasas), lo que significa un mercado de la electricidad liberalizado es crucial.

- Apoyar un cambio hacia la recuperación de calor residual y facilitar esto a través de un proceso eficiente y rápido de permisos.
- Es necesario apoyar y financiar la investigación y el desarrollo de todos los aspectos en todo el ciclo de vida del cemento y el concreto.
- Desarrollar una norma de inercia térmica, que podría incluirse en los códigos de construcción para asegurar que los edificios aprovechen al máximo esta característica.
- Considerar la reconstrucción como una alternativa a la restauración, cuando sea aplicable.
- Desarrollar indicadores estratégicos para todo el ciclo de vida.
- Fomentar el desarrollo de técnicas de construcción que permitan una clasificación fácil de los residuos de construcción y demolición, incluyendo prácticas de reciclaje de concreto para optimizar la captación de CO<sub>2</sub>eq.

Las políticas como la planificación urbana, la contratación pública, etc. deben adoptar una perspectiva a largo plazo para fomentar las soluciones más sostenibles.

Fomentar la mejora de la eficiencia energética de los edificios actuales, por ejemplo, proporcionando incentivos financieros a los propietarios individuales para la renovación o la reconstrucción.



### 3.2 Roadmap Egipto

Hasta el año 2014 la industria cementera egipcia utilizaba principalmente gas natural y petróleo como combustible, sin embargo la eliminación progresiva de los subsidios y la escasez de estos combustibles a nivel nacional provocaron un aumento de costos en la industria que la hacen poco rentable a largo plazo. En abril del 2015 Egipto modificó su ley ambiental, permitiendo a la industria cementera utilizar combustibles de alta intensidad de CO<sub>2</sub>eq como el carbón y el petcoke, este cambio prevé un aumento significativo de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la industria cementera egipcia, desde los 712 kg de CO<sub>2</sub>eq por tonelada de cemento en

2014 (GNR), hasta unos 820 kg de CO<sub>2</sub>eq por tonelada de cemento, un incremento de sus emisiones de un 15% al año 2030.

Desde abril de 2015, la nueva regulación del carbón egipcia a las empresas que utilizan este tipo de combustibles exige un permiso de explotación y un plan de acción sobre la forma en que se limite el aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq resultante del cambio de combustible. En el siguiente gráfico se puede apreciar el aumento en las emisiones producto del cambio de combustibles en la industria cementera en Egipto.

Figura 41  
Fuente: Roadmap EGIPTO 2016.

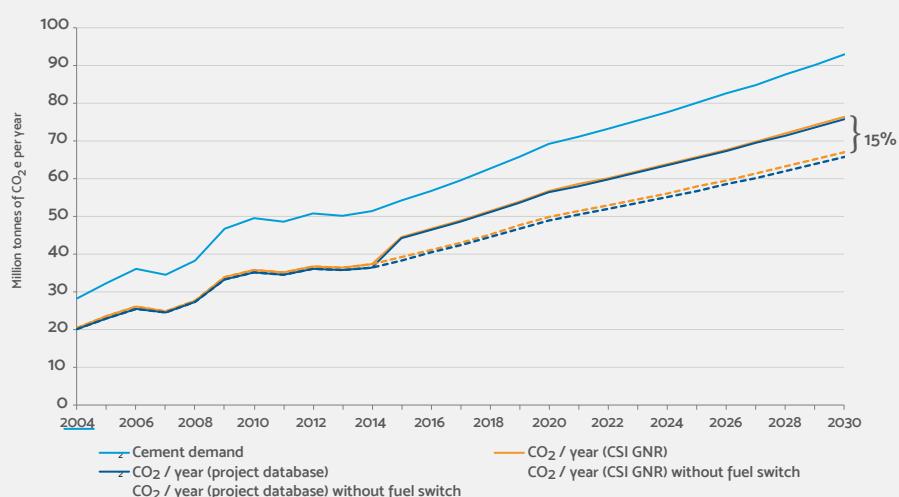


Gráfico 13: Proyección de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq en los diferentes escenarios. Pág 22. Roadmap Egipto.



En abril de 2016, Egipto firmó el compromiso acordado en la COP 21 para reducir sus GEI, esto requerirá de políticas de apoyo y acción de las partes interesadas, incluidas las cementeras, autoridades nacionales, gubernamentales y locales que deben cumplir con este objetivo.

Debido a esto y reconociendo la necesidad de evaluar objetivamente las tecnologías disponibles en la industria cementera egipcia, el Banco Europeo para la Reconstrucción y el Desarrollo (BERD), la Agencia de Asuntos Ambientales de Egipto (EEAA) y la Cámara de Industrias de Materiales de Construcción / División de Industria del Cemento (CBMI), en colaboración con el Ministerio de Comercio e Industria de Egipto (MTI) y la Iniciativa para la Sostenibilidad del Cemento (CSI), se unieron para desarrollar el Roadmap para la Industria del cemento egipcio, proyecto que fue desarrollado desde agosto de 2015 a octubre de 2016.

En 2015, la industria cementera egipcia tenía una capacidad instalada total de 68 millones de toneladas de cemento, más del 50% de la capacidad instalada fue construida después del año 2000, por lo que puede considerarse una industria relativamente joven y actualizada en equipos y tecnología. El 60% de la producción es generada por cinco multinacionales, el resto corresponde a entidades privadas estatales o nacionales y regionales, aportando alrededor del 1,8% al PIB nacional y consumiendo cerca del 5,3% de la energía total del país.

Durante los últimos cinco años, la industria cementera egipcia ha utilizado el 70% de la capacidad instalada. Sin embargo, se espera que la producción se incremente en el futuro a medida que la economía de Egipto y el sector de la construcción se recuperen de la crisis económica. De acuerdo a esto el Ministerio de Comercio e industria egipcio proyectó que el consumo de cemento será de alrededor de 90 millones de toneladas en el año 2022. Un aumento de aproximadamente el 75% con respecto al promedio entre 2012 y 2014, lo que significa una producción de 81 millones de toneladas de clíker (89% factor clíker) y más de 1.000 kg de capacidad de producción de cemento por habitante.

Hasta el año 2013 los combustibles en Egipto correspondían a gas natural (60%) y petróleo (40%), con la eliminación de subsidios y la nueva ley se permitió a la industria cementera el cambio de combustibles, provocando un incremento en el uso de carbón y petcoke y utilizando menos del 5% en combustibles alternativos. En un escenario donde la industria del cemento cambia a este tipo de combustibles casi en un 100% sus emisiones de CO<sub>2</sub>eq (promediado durante el período 2009-2013) aumentarían de 35 a 40 Mt / año.

Sin el cambio de combustible, las emisiones absolutas de CO<sub>2</sub>eq de la industria cementera egipcia alcanzarán 66-67 MtCO<sub>2</sub> / año en 2030, en ausencia del Roadmap las emisiones de CO<sub>2</sub> alcanzarían alrededor de 76 MtCO<sub>2</sub>, un incremento del 15%. Este incremento significa pasar de 710 a 817 kgCO<sub>2</sub> / tonelada de cemento, posicionándola dentro del 2% de emisiones de CO<sub>2</sub>eq más intensivas en todo el mundo.



## Análisis del Desempeño de la Producción de Cemento

Los hornos de clínker en Egipto son del tipo de mejor tecnología disponible (BAT) (precalentador o precalentador + precalciner). Sin embargo, su desempeño operacional se compara desfavorablemente con el desempeño promedio de la industria en la mayoría de las otras regiones del mundo, esto debido principalmente a:

Casi el 5% del volumen de clínker, es decir, alrededor de 2 a 2,5 millones de toneladas anuales, se descarta y se depositan en vertederos como by-pass y polvo de horno de cemento (BPD y CKD), resultando en pérdidas de energía y emisiones de CO<sub>2</sub>eq.

Mientras que cerca del 50% de los hornos de clínker egipcio operan cerca de la eficiencia energética térmica BAT (teniendo en cuenta la eliminación de polvo), el otro 50% consume en promedio un 14% más de energía.

Los residuos y los combustibles alternativos derivados de la biomasa contribuyen menos del 5% a la energía térmica. Esto es 10% menos que el promedio global y 25% menos que la mejor práctica disponible.

El contenido de clínker en el cemento es 89%, esto es 15% más que el promedio mundial y está dentro del 2% más alto del mundo.

El consumo de energía eléctrica está ligeramente por encima del promedio mundial, pero un 15% por encima de la Mejor Tecnología y Práctica Disponible (BATP).

El rendimiento económico y la competitividad del sector cementero egipcio es bajo debido a la baja capacidad de utilización, precios que están por sobre los 20 USD / tonelada con respecto a la competencia regional, baja participación en el mercado de exportación (excepto en algunos mercados fronterizos accesibles por camiones) y por otra parte toda la región del Medio Oriente y el Mediterráneo tiene excesiva capacidad de producción.

Reconociendo la necesidad de evaluar objetivamente las tecnologías disponibles en la industria del cemento, su ahorro de energía, el potencial de mitigación de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq, las políticas y las condiciones financieras y económicas, se unieron para elaborar el Roadmap de la industria cementera egipcia, la Agencia Egipcia de Asuntos Ambientales (EEAA), la Cámara de Industrias de Materiales de Construcción / División de Industria del Cemento (CBMI), el Ministerio de Comercio e Industria de Egipto (MTI), Iniciativa para la Sostenibilidad del Cemento (CSI) y el Banco Europeo de Reconstrucción y Desarrollo (EBRD). El Roadmap se desarrolló desde agosto de 2015 a octubre de 2016.



## Roadmap de Egipto

El propósito de la Roadmap para la Industria de Cemento Egipcia es sugerir una vía para el sector, detallando cómo mitigar en la medida de lo posible el impacto en las emisiones de gases de efecto invernadero (principalmente CO<sub>2</sub>eq) de la nueva regulación de combustible en Egipto, éste sugiere las palancas tecnológicas más adecuadas que pueden ayudar a la industria cementera egipcia a mejorar su eficiencia energética y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>eq. Además, recomienda desarrollar acciones en la política de Gobierno egipcio, señalando que se deben proporcionar incentivos efectivos para que la industria del cemento implemente medidas de bajas emisiones de carbono.

La nueva regulación del carbón (abril de 2015) y el Roadmap carbono establecen el camino para que la industria cementera egipcia reduzca sus emisiones de CO<sub>2</sub>eq, de modo que se evite el aumento previsto de 15% de emisiones de CO<sub>2</sub>eq resultante del cambio de combustible. Egipto tomó como base tres palancas principales para reducir las emisiones directas de CO<sub>2</sub>, que son:

- Bajar el contenido de clíker en el cemento
- Mejorar la eficiencia energética térmica,
- Aumentar el uso de combustibles alternativos en la fabricación de clíker

En el Roadmap también se definieron otros dos aspectos

pueden contribuir significativamente a reducir las emisiones directas de CO<sub>2</sub>eq o limitar su crecimiento:

- Equilibrar la capacidad de producción de clíker y cemento con la demanda a largo plazo del mercado interno.
- Reducir la eliminación de BPD y CKD.

Para reducir emisiones indirectas de CO<sub>2</sub>eq, se definió:

- Aumentar la recuperación de calor residual (WHR) y
- Mejorar la eficiencia de la energía eléctrica e incorporar fuentes de energía renovables.

Otras medidas importantes con impacto indirecto para la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>eq que se han incluido en el Roadmap son:

Desarrollar un sistema de monitoreo, reporte y verificación (MRV) de acuerdo a una norma sectorial para evaluar el progreso en CO<sub>2</sub>eq y el desempeño energético.

Introducir incentivos económicos y financieros para las acciones de mitigación del CO<sub>2</sub>eq.

Creación de capacidad, sensibilización y mejora del diálogo entre todas las partes interesadas: autoridades gubernamentales, empresas cementeras y consumidores de productos de cemento para la adopción y aplicación de medidas bajas en carbono.



Con este escenario se elaboró el Roadmap de India, trabajo realizado en conjunto entre la industria (ACC Ltd. (co-presidente del proyecto), Cementos Ambuja Ltd., Heidelberg Cement India Ltd, Lafarge India Privado Ltd, My Home Industries Ltd. - CRH, Shree cemento (Copresidente del proyecto), Shree Digvijay Cement Co. Ltd. - Grupo Cimpor, UltraTech Cement Ltd. (proyecto Co-Presidente), Zuari Cement, Dalmia Bharat Cement, Jaypee Cemento) y socios como la Confederación de la Industria India (CII), CII Sohrabji Godrej Green Business Centre, Consejo Nacional del Cemento y Materiales de Construcción (NCB), Agencia Internacional de Energía, Consejo Mundial de Desarrollo Sostenible (WBCSD), la Iniciativa de Sostenibilidad del Cemento (CSI) y financiado por la Corporación Financiera Internacional (IFC), miembro del Grupo del Banco Mundial.

Las alternativas de reducción propuestas estuvieron basadas en cinco ejes fundamentales:

1. Combustibles y materias primas alternativas.
2. Eficiencia energética térmica y eléctrica.
3. Sustitución de Clíker.
4. Recuperación de calor residual (WHR).
5. y Captura y almacenamiento de carbono.



## Escenarios de Reducción de CO<sub>2</sub>

El Roadmap establece dos escenarios de desarrollo con bajas emisiones de carbono hasta 2030, un escenario de desarrollo moderadamente ambicioso o lento en bajas emisiones de carbono y un escenario de desarrollo más ambicioso o rápido en bajas emisiones de carbono. En el siguiente gráfico se muestra la proyección de emisiones en los diferentes escenarios.

En un escenario lento, la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>eq proyectada para el año 2030 es de 15%, teniendo como objetivo disminuir el contenido promedio de clíker del sector en el cemento del actual 89% a 80%, aumentar la

tasa de sustitución térmica del combustible alternativo a 8% (50% biomasa y 50% de combustibles fósiles), las instalaciones de clíker deberán alcanzar un consumo promedio de energía térmica de 3.621 MJ / t de clíker (incluida la pérdida de energía debida al descarte de BPD y CKD) y con 85% de utilización de la capacidad instalada. Esto requiere que el ritmo de concesión de licencias para nuevas instalaciones de clíker y cemento sea tal que asegure un equilibrio a largo plazo entre la capacidad instalada y de la demanda de mercado (80%).

Figura 42

Fuente: Roadmap EGIPTO 2016.

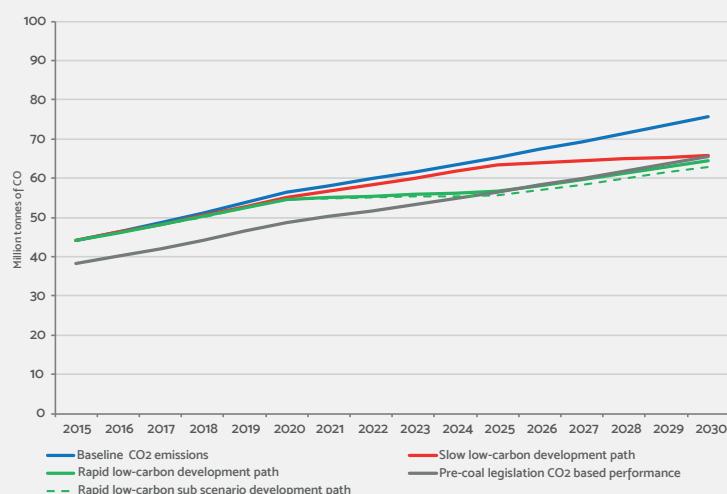


Gráfico 13: Proyección de las emisiones de CO2eq en los diferentes escenarios. Pág22. Roadmap Egipto.

En el escenario rápido para la reducción de emisiones, se estima que se puede lograr una reducción adicional del CO<sub>2</sub>eq del 2% al año 2030, incrementando el uso de combustibles alternativos en un 15% en lugar del 8%, con reducción del contenido promedio de clíker del cemento del actual 89% al 80% en 2025 (en lugar de lograr esto en 2030). Bajo este escenario, el deseado 15% la mitigación de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq puede lograrse en 2025, en lugar de en 2030.

Figura 43

Fuente: Roadmap EGIPTO 2016.

Los indicadores de desempeño sugeridos en el Roadmap para ambos escenarios ya se han alcanzado e incluso superado en muchos otros países del mundo, demostrando que son alcanzables. Sin embargo, pueden ser ambiciosos en el contexto egipcio. En la siguiente tabla se señalan los KPIs para los distintos escenarios entre los años 2020 y 2030.

KPIs	Historical reference	Baseline	Slow scenario			Rapid scenario			Rapid sub scenario		
			2020	2025	2030	2020	2025	2030	2020	2025	2030
TSR, %			4	6	8	4	9	15	7	15	22
Clinker factor	89	89	89	89	80	89	80	80	89	80	80
SEC <sub>th</sub> , MJ/t clinker	3790	3790	3710	3621	3621	3621	3621	3621	3619	3619	3619
Fuel CO <sub>2</sub> intensity, kg CO <sub>2</sub> /GJ	61.6	94.4	93.0	91.5	89.9	93.0	89.2	84.6	90.7	84.6	79.3
Fuel CO <sub>2</sub> emissions per tonne clinker, kg CO <sub>2</sub> /t clinker	234	358	345	331	326	338	323	306	328	306	287
Direct CO <sub>2</sub> emissions per tonne clinker, kg CO <sub>2</sub> /t clinker	794	918	405	891	886	898	883	866	888	866	847
Total direct CO <sub>2</sub> emissions per tonne cement, kg CO <sub>2</sub> /t cement	706	817	805	793	709	799	707	694	791	694	679
Direct CO <sub>2</sub> emissions, million tCO <sub>2</sub> /year*	65.5	75.8	55.6	63.5	65.8	55.1	56.6	64.4	54.6	55.5	62.9
Aggregated CO <sub>2</sub> emission reduction compared to baseline, million tCO <sub>2</sub>	n/a	n/a	2.2	9.4	42.1	3.7	31.8	83.3	5.1	37.3	95.2

\*Historical reference and baseline values estimated assuming historical reference period and baseline CO<sub>2</sub> performance in 2030  
 Source: EBRD, 2016. Report D7

Tabla 4: KPIs del sector cementero bajo diferentes escenarios de desarrollo. Pág 28. Roadmap Egipto.



## Principales medidas políticas (5 a 10 años)

Para que las empresas cementeras puedan implementar de manera efectiva las acciones sugeridas en este Roadmap, la implementación debe ser económicamente atractiva dado el actual contexto económico y político de Egipto

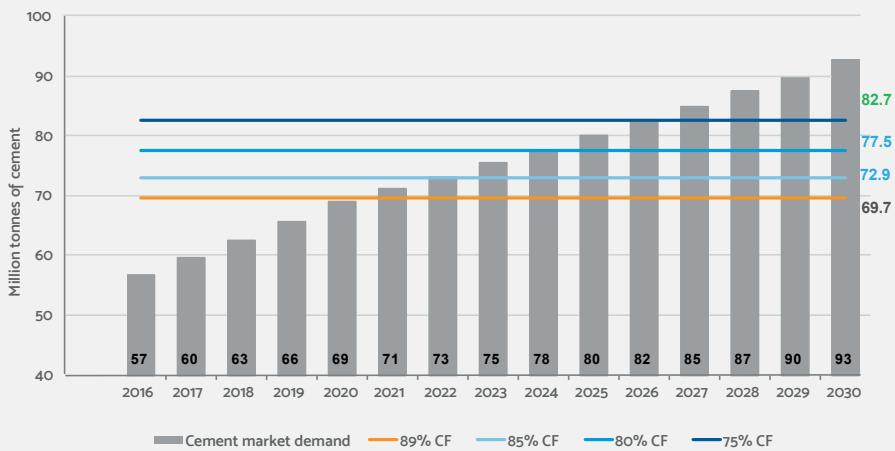
- Desarrollar un sistema y una base de datos de monitoreo, reporte y verificación del sector del cemento (MRV) compatibles con el estándar internacional CSI.
- Regular la concesión de licencias a nuevas instalaciones de clíker y cemento con el propósito de equilibrar la capacidad de producción instalada con la demanda interna de cemento a largo plazo y teniendo en cuenta un menor contenido de clíker en cemento.
- Incluir medidas que requieran que las cenizas volantes sean de calidad adecuada para su uso como constituyente de cemento y una cuota mínima para su uso como sustitución de clíker en los permisos de nuevas centrales térmicas de carbón.
- La Agencia Egipcia de Asuntos Ambientales (EEAA) deberá clasificar las cenizas volantes como residuos no peligrosos y permitir su importación de cenizas volantes.
- Crear demanda en mercado para el tratamiento de residuos ambientales y legales.
- El permiso de explotación de la empresa cementera debe exigir que cuando el nivel de consumo energético específico sea superior a un punto de referencia, las empresas estén obligadas a ejecutar periódicamente una auditoría energética y una evaluación económico -financiera del potencial de mejora de la eficiencia energética de sus instalaciones. Las acciones identificadas para mejorar la eficiencia energética deberían entonces ser implementadas.
- Incentivar la investigación y el desarrollo para mejorar la tecnología de tratamiento y reciclaje de BPD, especialmente en lo que respecta a la reducción del consumo de agua y la utilización de energía solar en el proceso, disminución de costos de inversión, operativos y reciclaje de sales recuperadas y la exportación del producto recuperable.
- Fortalecer la capacidad de las diversas partes interesadas para la implementación de las medidas de política mencionadas, que son necesarias para permitir la adopción generalizada de acciones de mitigación de CO<sub>2</sub>eq la industria cementera en Egipto.



Hasta el año 2020 no será necesario instalar nuevas plantas, ya que la reducción del contenido de clíker en el cemento hará posible que se mantenga la producción hasta el año 2024. De acuerdo a la siguiente gráfica, en donde las capacidades de producción de cemento y los diferentes factores de clíker (CF) versus demanda interna del mercado del cemento.

**Figura 44**

Fuente: Roadmap EGIPTO 2016.



**Gráfico 14:** Capacidad de producción de cemento y los diferentes factores de clíker (CF) versus demanda interna del mercado del cemento. Pág17. Roadmap Egipto.



### 3.3 Roadmap India

El Roadmap de la industria cementera India (Roadmap-India) fue publicado en el año 2013 y se basó en el crecimiento poblacional y económico del país, tomando como año base el 2010 y proyectando los resultados al año 2050.

El crecimiento poblacional se proyecta en un 40% al 2050, cifra relevante dado que India representa el 18% de la población mundial. Este incremento es pasar de los 1.200 millones de habitantes al 2010 a 1.700 millones de habitantes en el 2050.

Además, en India el consumo de energía promedio per cápita alcanza solamente un tercio del consumo promedio mundial y se espera un crecimiento relevante de este

indicador que en el caso de consumo de cemento se debería pasar de los 188 kg/hab. a valores que alcanzarían entre los 465 kg/hab. (escenario baja demanda) y 810 kg/hab. (escenario alta demanda), lo que representaría una producción de cemento al 2050 de 780 Mt (escenario baja demanda) a 1360 Mt (escenario alta demanda).

La producción de cemento en India representa el 7% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub>eq del país y su reducción es parte de los objetivos del Plan Nacional de Acción sobre el Cambio Climático (NAPCC) de Medio Ambiente, que establece las intervenciones necesarias dentro de los 32 estados en UTs.

**Figura 45**  
Fuente: Roadmap INDIA 2013.

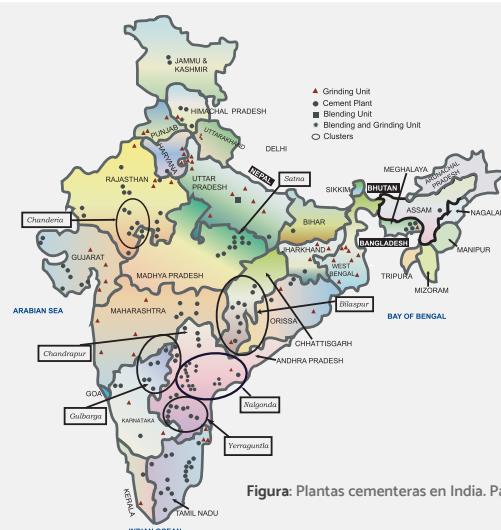


Figura: Plantas cementeras en India. Pág 10. Roadmap India

<sup>31</sup> <http://www.wbcsdcement.org/index.php/en/key-issues/climate-protection/technology-roadmap/india-roadmap>

<sup>32</sup> UT: Territorio de unión es un tipo de división administrativa en la República de la India ([http://knowindia.gov.in/knowindia/state\\_uts.php](http://knowindia.gov.in/knowindia/state_uts.php))

De acuerdo a estos antecedentes se proyecta que si no existieran medidas para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>eq de la producción de cemento, se podrían alcanzar niveles entre 488 MtCO<sub>2</sub> (escenario baja demanda) y 835 MtCO<sub>2</sub> (escenario alta demanda) al año 2050. De aquí la relevancia de contar con un Roadmap para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>eq de la industria, siendo las expectativas del mismo reducir en un 45% la intensidad de emisiones de CO<sub>2</sub>eq entre el 2010 al 2050, lo que significa un factor de emisión de 0,35 (ton de CO<sub>2</sub> /ton de cemento) al 2050. A pesar de esta mejora en la intensidad, se estima que las emisiones totales pasarán de los actuales 137 MtCO<sub>2</sub> a valores que van desde 275 MtCO<sub>2</sub> (escenario baja demanda) hasta los 468 MtCO<sub>2</sub> (escenario alta demanda) en 2050.

La industria cementera India es la segunda más grande del mundo, después de China. Entre las 2010 y 2011 alrededor de 183 grandes plantas de cemento estaban en operación, propiedad de más de 40 empresas en toda la India.

En 2012, la capacidad total instalada es de alrededor de 320 Mt. La capacidad instalada promedio de un horno pequeño es de aproximadamente 4.500 toneladas diarias (tpd), y los hornos más grandes alcanzan una capacidad de 13.500 toneladas diarias (tpd).

La industria contaba al año 2010, con una capacidad instalada de 440 millones de toneladas de cemento. La pequeña industria representa menos del 5% de esta capacidad. La producción anual de cemento en la India aumentó de 95 Mt en 2000 a alrededor de 220 Mt en 2010, un aumento promedio de casi 10% por año. Con este escenario India proyecta una producción y consumo aproximado de 270 a 300 millones de toneladas y al año 2020 un total de 500 millones de toneladas y 800 millones de toneladas para el 2030. De acuerdo al siguiente gráfico, se proyecta el crecimiento en la producción en un caso de baja y alta demanda al año 2050.

**Figura 46**  
Fuente: Roadmap INDIA 2013.

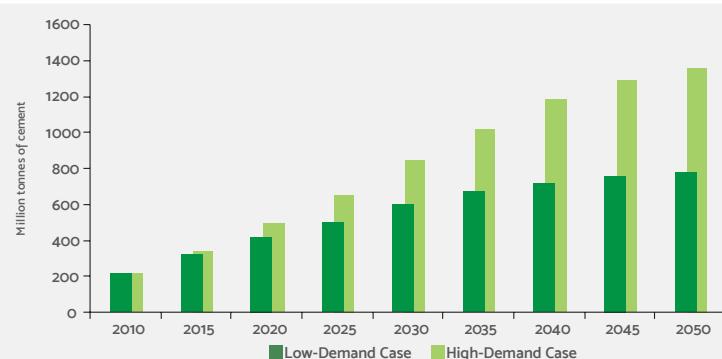


Gráfico 15: Proyección del crecimiento de la producción bajo los escenarios. Pag 11.Road India.

India produce cemento en hornos de alta eficiencia energética (670 kcal/ kg de clíker y 68 kWh ton de cemento), que representan el 99% de la industria. Sin embargo, India se plantea objetivos para aumentar su eficiencia con la implementación de los ejes definidos por el

Roadmap CSI, mejorando la eficiencia energética eléctrica y térmica del proceso, además de aumentar la recuperación del calor residual. En la siguiente tabla se analizan los potenciales de mejora para la eficiencia energética en los casos de baja y alta demanda entre los años 2020 y 2050.

Figura 47  
Fuente: Roadmap INDIA 2013.

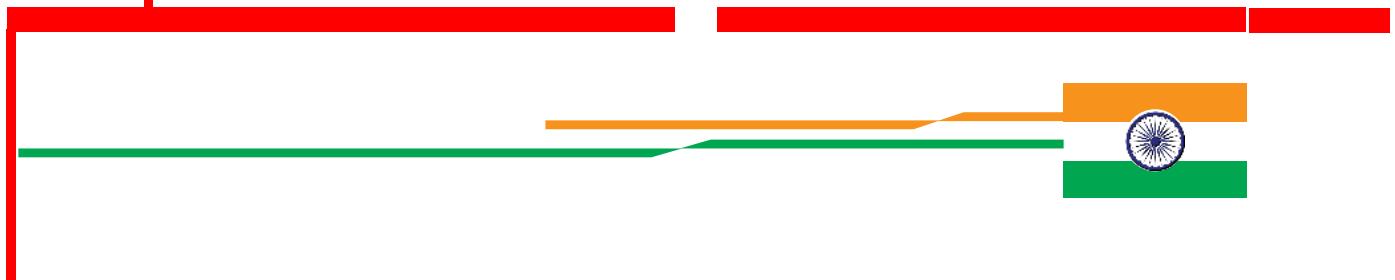
	Savings from 6DS to 2DS							
	Low-Demand Case				High-Demand Case			
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Total energy reduction (PJ)	65	196	304	377	77	235	395	485
Additional energy required for CCS (PJ)	6	40	80	111	10	64	157	221
Net energy reductions (excluding additional energy required for CCS) (PJ)	71	237	384	488	87	298	553	706
Reductions (PJ) from:								
Thermal energy efficiency	16	48	78	96	18	47	77	97
Electrical energy efficiency	5	12	18	22	3	4	6	8
Waste heat recovery	1	8	15	20	2	15	30	39
Clinker substitution	49	174	288	373	88	250	455	583

Tabla 5 : Potenciales de mejora para la eficiencia energética en dos escenarios. Pág15. Roadmap India

Estas proyecciones para el crecimiento demográfico y el desarrollo económico en la India impulsarán un rápido aumento de la demanda, por lo tanto se deberán tomar las acciones necesarias para cumplir el compromiso de reducir las emisiones y hacer más eficiente el consumo de energético de la industria.

Todos estos ejes están alineados con en el Roadmap de

CSI 2009, utilizando GNR para la estimación de indicadores asociados. También se consideró el esfuerzo combinado de estos ejes, ya que la suma individual de las reducciones es menor que el resultado final neto, como por ejemplo los mecanismos de captura de carbono que disminuyen la eficiencia energética del proceso.

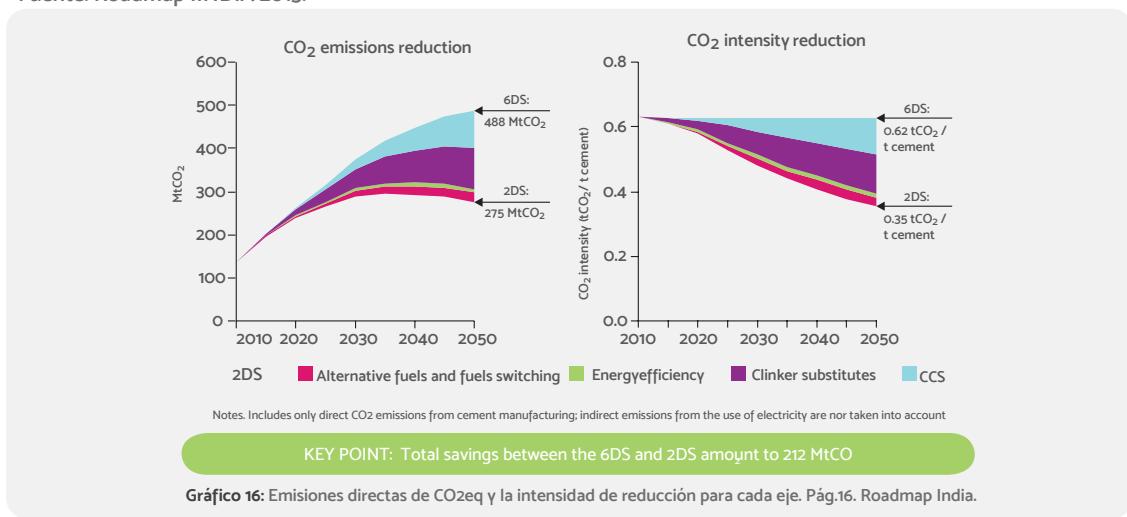


### Proyecciones de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>eq comparando escenario con y sin un Roadmap

Tomando como año base el 2010 se proyectaron los potenciales de reducción por eje al año 2050, en el siguiente gráfico se muestran los escenarios para el total de

CO<sub>2</sub>eq emitido y el factor de emisión de toneladas de CO<sub>2</sub>eq versus toneladas de producción de cemento.

Figura 48  
Fuente: Roadmap IINDIA 2013.



### Caso de emisiones totales de CO<sub>2</sub>eq:

Se puede apreciar que el escenario de no acción implica pasar de 137 MtCO<sub>2</sub> a entre 275 MtCO<sub>2</sub> y 468 MtCO<sub>2</sub> en 2050, siendo este incremento de más de un 293%.

En el escenario de implementación de Roadmap las emisiones totales alcanzarían el 2050 los 275 MtCO<sub>2</sub>, siendo este valor una reducción total de 56 %, con respecto al escenario de no acción.

La producción de cemento en 2010 era de 217 (Mt) y se proyecta que incrementará en un escenario de baja demanda en 780 (Mt) y para un escenario de alta demanda en 1360 (Mt) para el año 2050.

Los ejes de acción que generan las mayores oportunidades son la sustitución de clíker y la captura de carbono.

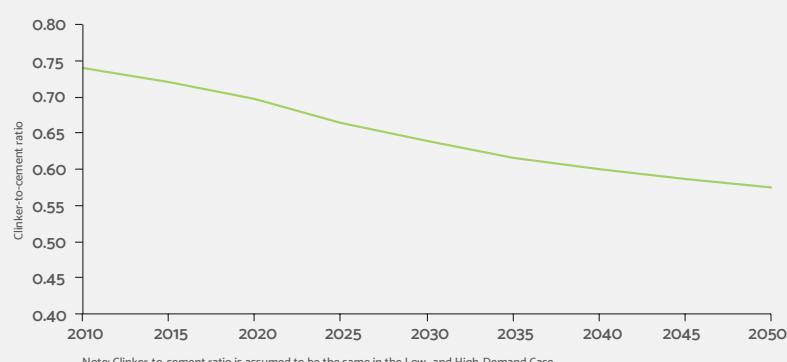
El eje de eficiencia energética prácticamente no generará reducciones significativas al 2050, lo que es consistente dado que la industria de India ya ha modernizado gran parte de sus hornos en operación.

El uso de combustibles alternativos si bien contribuye a la reducción, su aporte es bastante menor en comparación a la sustitución de clíker y a la captura de carbono.

Dado que el factor clíker tiene un fuerte impacto en el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub>eq, India se ha propuesto como objetivo disminuir este factor desde los 0,74 que se presentaba en el 2010 hasta llegar a 0,58 en el año 2050, de acuerdo a lo indicado en el siguiente gráfico.

Figura 49

Fuente: Roadmap INDIA 2013



KEY POINT: The clinker-to-cement ratio will decrease substantially in the next 40 years to reach 0.58

Gráfico 16: Cambio proyectado en relación de clíker a cemento. Pág.25. Roadmap India.

## Factor emisiones CO<sub>2</sub>eq

Esta información nos sirve para comparar el desempeño de la industria india, por ejemplo con las expectativas de CSI documentadas en el Roadmap 2009.

Al comparar en GNR el desempeño en el 2010, el factor de emisión de CO<sub>2</sub>eq de India, éste se encuentra bajo un 10% del promedio mundial, lo que demuestra que las operaciones en India cuentan con muy buena tecnología de producción.

Al 2050 el factor de emisión que espera tener India es de 0.35 t CO<sub>2</sub>/ t cemento, lo que representa aproximadamente un 8% por debajo de la emisión global de CSI (0.42 t CO<sub>2</sub>/ t cemento).

El Roadmap de India definió como indicadores claves (Tabla 5) la producción de cemento (Mt): consumo per cápita (Kg/cápita), factor de clíker en el cemento, la intensidad eléctrica (KWh/ t cemento) y térmica (Kcal/Kg clíker) y el uso de combustibles alternativos. Todos ellos basados en la proyección de crecimiento económico que determinarán los niveles en los que se proyectan las emisiones totales de CO<sub>2</sub>eq en la industria.

Figura 50

Fuente: Roadmap INDIA 2013.

	2010	Low-Demand Case				High-Demand Case		
		2020	2030	2050	2020	2030	2050	
Production (Mt)	217	416	598	780	492	848	1 361	
Per-capita consumption (kg/capita)	188	309	400	467	364	565	812	
Clinker-to-cement ratio	0.74	0.70	0.64	0.58	0.70	0.64	0.58	
Electric intensity of cement production (kWh/t cement)	80	76	73	71	75	72	70	
Thermal intensity of clinker production (kcal/kg clinker)	725	709	694	680	703	690	678	
Alternative fuel use (as a share of thermal energy consumption) (%)	0.6	5	19	25	5	19	25	

Notes: Data for 2010 is for financial year 2009/10 ending 31 March 2010. The electric intensity of cement production does not include the reductions that may come from the use of WHR.

Tabla 5 : KPIs para la industria cementera India. Pág 14. Roadmap India



### 3.4 Roadmap Brasil

Brasil en la pasada COP 21 <sup>33</sup> y de acuerdo a lo declarado en INDC- asumió el compromiso de reducir sus emisiones de GEI en un 37% al 2025 y un 43% al 2030, tomando como base el año 2005. Este compromiso fue ratificado y tramitado en tres meses en el Congreso Brasileño, durante el 2016. Su rápida tramitación demuestra la gran presión del gobierno brasileño para mejorar el desempeño del país en esta materia. En consecuencia con este compromiso, el enfoque de la agenda del gobierno brasileño estará centrado en el despliegue de los objetivos y el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación, el que definirá metas para los sectores: agricultura, energía, bosques, incluyendo además el sector industrial con 7 procesos regulados en el "Plan de Industria", en el que se encuentra incluida la industria

cementera (acero, celulosa y papel, aluminio, productos químicos, vidrio, cemento y cal). Para ello se determinaron los siguientes compromisos para el año 2030:

- Lograr cero tala ilegal en la selva amazónica brasileña.
- Restaurar y reforestar 12 millones de hectáreas de bosques.
- Lograr un 45% de participación de energías renovables en la matriz energética.
- Los biocombustibles aumentarán su participación al 18% en la matriz energética.
- Lograr el 10% de las ganancias de eficiencia en el sector eléctrico.
- Promover el uso de tecnologías limpias en el sector industrial.
- Fomentar medidas de eficiencia y de infraestructura en el sector del transporte público y las zonas urbanas.



<sup>33</sup> <http://conexioncop22.com/que-es-una-indc-y-como-se-elabora/>



## Historia y producción del cemento en Brasil

Las primeras iniciativas de instalación de una fábrica de cemento en Brasil se remontan al final del siglo XIX, cuando la población en crecimiento pasó a demandar un aumento de obras públicas y residenciales. En 1926, con la instalación de una fábrica en San Pablo, y otra en 1933 en Río de Janeiro, se inició la implantación de la industria del cemento en Brasil y por consecuencia la sustitución del cemento importado por el nacional. Entre 1945 y 1955, 16 nuevas fábricas fueron creadas, haciendo al país autosuficiente en la producción de cemento, y desde entonces la industria sigue los diversos períodos de desarrollo, siempre invirtiendo, ampliando y atendiendo satisfactoriamente la demanda.

En los años 70, la industria del cemento pasó por una importante fase de desarrollo, triplicando su producción. Inversiones del gobierno en infraestructura y programas de vivienda impulsaron la demanda, y con eso 23 nuevas plantas de cemento fueron construidas en esa década. A principio de los años 2000 la expansión inmobiliaria llevó a Brasil a experimentar un nuevo ciclo de crecimiento de la construcción. Entre 2004 y 2014 el consumo de cemento casi se duplicó y 33 nuevas plantas empezaron a funcionar en ese período. (Maia, 2016).

En el año 2015 Brasil contaba con 99 plantas cementeras, propiedad de 22 grupos industriales distribuidas en todo el territorio. La capacidad de producción y consumo para el 2015 se estimó en alrededor de 64, 5 Mt y la capacidad instalada para el año 2016 en 98 Mt al año (Maia, 2016)

Brasil es el 4º mayor consumidor de cemento y el 6º mayor productor del mundo, siendo el principal productor y consumidor de cemento en América Latina, lo que representa cerca de 35% (Maia, 2016).

Se ha proyectado que la industria cementera brasileña incrementará su producción de cemento de 71 Mton en el 2014 a 134 Mton en el año 2050. El consumo anual per cápita promedio de 354 kg/hab, valor que se encuentra comparativamente más bajo que los 573 kg/hab del promedio mundial.



## Proyecto de Roadmap Brasil

Con respecto a las proyecciones de emisiones de CO<sub>2</sub>eq y dado que Brasil es un país en desarrollo con importantes necesidades de infraestructura, el desafío será producir el cemento necesario para su desarrollo, buscando al mismo tiempo soluciones para reducir aún más sus emisiones y mejorar su eficiencia energética. Por este motivo la industria cementera brasileña asociados con el WBCSD (Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible), IEA (Agencia Internacional de Energía) y la IFC (Corporación Financiera Internacional), determinaron realizar el proyecto de elaboración de Roadmap Brasil, analizando las reales posibilidades de reducción de emisiones en el mediano (2030) y largo plazo (2050). El Roadmap actualmente está siendo desarrollado y la publicación del documento está prevista durante el primer semestre de 2018.

Brasil está elaborando su Roadmap alineado con los compromisos adquiridos por el gobierno brasileño y para su desarrollo ha tomado como guía el Roadmap CSI (2009) y el camino trazado por el Roadmap de la industria cementera India (2009). Su objetivo es identificar las reales posibilidades de reducción de emisiones con una mirada a mediano y largo plazo. El proyecto se está llevando a cabo con la coordinación de SNIC (Sindicato Nacional de la Industria de Cemento) y ABCP (Asociación Brasileña de Cemento Portland), asociados con el WBCSD (Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible), IEA (Agencia Internacional de Energía), IFC (Corporación

Financiera Internacional). De la industria cementera participan: Intercement, Itambé, Lafarge Holcim, Votorantim, Nassau, Ciplan, Tupi y Liz, estos representan el 90% de la producción nacional (asociadas y no asociadas a SNIC y CSI).

El Roadmap se está desarrollando a través de un equipo multidisciplinario, integrando la visión de todas las partes para desarrollo del análisis técnico de los potenciales de reducción. El equipo lo conforman el Consejo Deliberado, presidido por SNIC y ABCP y los directores de las compañías, con un especialista para la coordinación y con la colaboración de CSI, IEA e IFC. El Comité Ejecutivo está compuesto por SNIC y ABCP y los gerentes de las compañías, encargados de elaborar y validar las distintas fases del mismo.

El Roadmap Brasil se está elaborando a partir seis papers técnicos, basados en cuatro grandes áreas temáticas, consideradas como las principales alternativas de reducción del sector, dos de ellos desarrollados en construcción sostenible y la diferencias regionales de Brasil, con el objetivo de entender las distintas oportunidades de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>eq, dada las diferentes realidades geográficas y su posibilidad de implementación. Los papers fueron elaborados por la academia, con datos entregados por la industria



(con un mínimo de 80% de información de la industria). Para este trabajo CSI y GNR recopilaron información más detallada de equipamientos y eficiencia energética, para lo cual contó con PwC.

Los resultados de los paper técnicos junto con el levantamiento de datos (CSI y del proyecto) fueron usados por el IEA (Agencia Internacional de Energía) para calibrar el modelo de proyección y potencial de reducción de emisiones. Posteriormente fueron revisados por los colaboradores, las compañías y los especialistas, participando también en este análisis todas las partes interesadas como el Gobierno, la academia y la sociedad.

Además se realizaron diálogos con el gobierno, instituciones financieras y de fomento con el fin de buscar mecanismos financieros que permitan implementar las

estrategias de mitigación. El proyecto se estimó entre US\$250.000 - US\$300.000<sup>36</sup> aprox, con varias etapas intermedias y finales de revisión por parte de las empresas, consultores e instituciones internacionales participantes.

Los principales indicadores definidos en el Roadmap Brasil son tres: eficiencia energética, uso de combustibles alternativos y sustitución de Clíker, ya que parte de su reducción impactará de manera significativa en el total de las emisiones de la industria cementera (Maia, 2016).

El consumo de energía térmica en el año 2013, según GNR, fue de 3560 MJ/tClíker. Este indicador es uno de los más bajos comparado con el promedio de la industria, y a pesar de que se han realizado mejoras aún quedan desafíos pendientes en esta materia.



# **HERRAMIENTAS QUE COMPONEN LA HOJA DE RUTA FICEM**

Como ya habíamos definido, La Hoja de Ruta FICEM es el compromiso de la industria cementera Latinoamericana, en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> hacia una economía baja en carbono y la promoción del uso del cemento, como solución a las necesidades de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático.

En ese contexto, se define como herramientas a aquellos instrumentos, documentos y actividades que permiten construir las Hojas de Rutas Nacionales, como también retroalimentarlas, perfeccionarlas y consolidarlas, en orden al mejoramiento continuo e incremento de la sinergia para su desarrollo.

Figura: 51  
FUENTE: Revista Cemento & Concreto FICEM. Edición N°4 2017



## 1. HERRAMIENTAS HOJA DE RUTA FICEM

A continuación el listado de las herramientas actuales del proyecto Hoja de Ruta FICEM y las siguientes páginas la descripción de cada una de ellas.

**Herramienta 1** GNR como Sistema de Medición, Revisión y Verificación (MRV)

- 2** Levantamiento de Indicadores de desempeño técnicos y de gestión
- 3** MRV FICEM e Informe Potencial de Reducción
- 4** Taller Potencial de Reducción
- 5** Hoja Ruta País FICEM
- 6** Investigación y Desarrollo
- 7** Biblioteca Virtual
- 8** Publicación Anual Hoja de Ruta FICEM

## **Herramienta 1**

### **GNR como Sistema de Medición, Revisión y Verificación (MRV)**

GNR no sólo nos sirve para entender los potenciales de reducción de CO<sub>2</sub>eq en la industria y los desempeños comparados de los ejes de reducción ya descritos en el 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 COP21.

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 antecedentes que los gobiernos puedan utilizar para estimar nuestras correctas emisiones y además, proyectar el real potencial de reducción.

Los beneficios de esta estrategia es potenciar GNR como un mecanismo público-privado al convertirse en el MRV oficial para los gobiernos, lo que asegura cuantificar

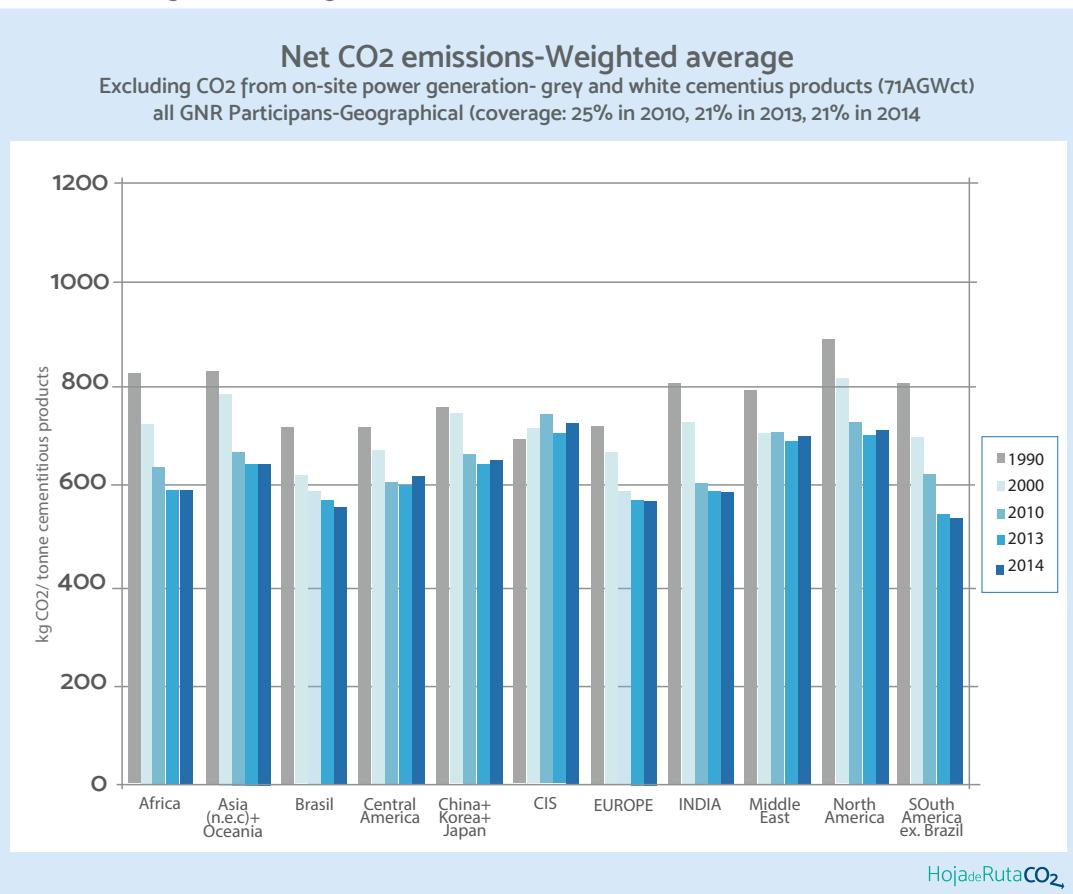
correctamente las oportunidades de reducción. Además, evita asumir nuevos costos en las mediciones de CO<sub>2</sub>eq por hornos que, sólo como referencia, el medir el CO<sub>2</sub>eq en chimenea en forma continua necesita de una inversión que puede alcanzar valores superiores a 100.000 usd. Pero además, esta medición en chimenea no valoriza los esfuerzos de reducción que realizamos al incorporar, por ejemplo, biomasa a nuestra matriz energética.

En el siguiente gráfico de GNR 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.

## Herramienta 1

Figura: 52

Fuente: The Getting de Numbers Right (GNR) 2014



Pasos a seguir: Aumentar la reportabilidad de GNR para asegurar ser una solución regional a los requisitos de MRV.  
Iniciar los acercamientos con gobiernos para proponer una metodología de trabajo.  
Publicar reportes de referencia para uso por terceras partes.

## **Herramienta 2**

### **Levantamiento de Indicadores de desempeño técnicos y de gestión.**

De acuerdo a 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, los que aseguren mejorar nuestro desempeño en la reducción de CO<sub>2</sub>eq, 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.

Los indicadores son:

- Indicador 1** Nivel de participación en GNR de la Región
- 2** Cantidad Toneladas de emisión de CO<sub>2</sub>eq por tonelada de cemento producida.
- 3** Aporte de la industria a las emisiones locales y globales de la industria.
- 4** Potencial de reducción de CO<sub>2</sub>eq de la industria por país.
- 5** Porcentaje de uso de residuos como energía en el co-procesamiento.
- 6** Porcentaje de uso de residuos como materias primas alternativas.
- 7** Porcentaje del Factor Clinker.
- 8** Aporte a las Emisiones de CO<sub>2</sub> 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

### MRV FICEM e Informe de Potencial de Reducción

El sistema de Medición, Reporte y Verificación FICEM es una plataforma desarrollada para comparar la producción de cemento de una planta industrial o un país, con los indicadores de referencia a nivel global de emisiones de CO<sub>2</sub>eq, lo que permite determinar el potencial de reducción, en qué eje se encuentra (eficiencia energética, combustibles alternativos, sustitución de clíker) y las directrices tecnológicas a implementar. Esta herramienta es alimentada por los reportes existentes por plantas para GNR, a fin de comparar los resultados con los indicadores técnicos de referencia. Además, puede agrupar resultados para ser comparados, por ejemplo, por país y compañía, siendo la base oficial del proyecto para poder estimar en una forma

eficiente los potenciales de reducción requerido.

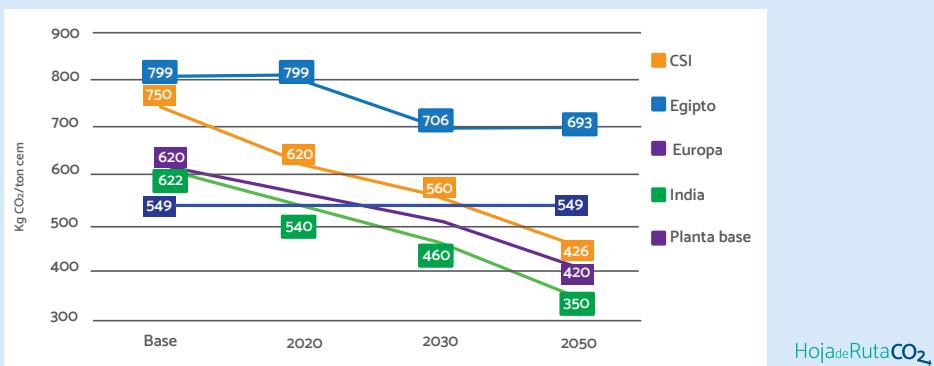
Además, disponemos de un módulo dentro de esta misma plataforma para evaluar la aplicación de los Papers de la ECRA versus los indicadores de plantas, y determinar así el aporte unitario de las diversas tecnologías disponibles para la reducción de CO<sub>2</sub>eq en la producción de cemento. Una vez aplicado el sistema MRV FICEM, con la información consolidada y comparada, se generara un informe de potencial de reducción, de acuerdo al alcance en la reportabilidad de GNR, este informe tendrá recomendaciones cualitativas para la reducción de CO<sub>2</sub> por los ejes definidos.

### Ejemplos de aplicación MRV FICEM factores de emisión de CO<sub>2</sub> comparados

Figura: 53

Fuente: Modelación de uso MRV FICEM

Roadmap Existentes v/s Planta



En este gráfico podemos apreciar la planta (línea en azul) en comparación con las trayectorias de factores de intensidad de las hojas de ruta de CSI – Egipto – India – Europa. Esto nos ayuda a visualizar en cuál de estos proyectos una planta debiera referenciarse dado su actual desempeño.

Por ejemplo, tener una emisión actual de 549 Kg de CO<sub>2</sub> / Ton de Cemento es un desempeño comparable con Europa e India, por lo cual es aquí donde debieramos encontrar las principales oportunidades de mejoras en el mediano y largo plazo.

## Herramienta 3

### Indicadores técnicos de reducción de CO<sub>2</sub>.

En los siguientes gráficos asociado al ejemplo podemos analizar tipos de emisiones de CO<sub>2</sub>, principales ejes de reducción de CO<sub>2</sub>; como son el factor clíker y el

coprocesamiento y además la comparación de estos indicadores técnicos con las hojas de ruta de referencia.

Figura: 54

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

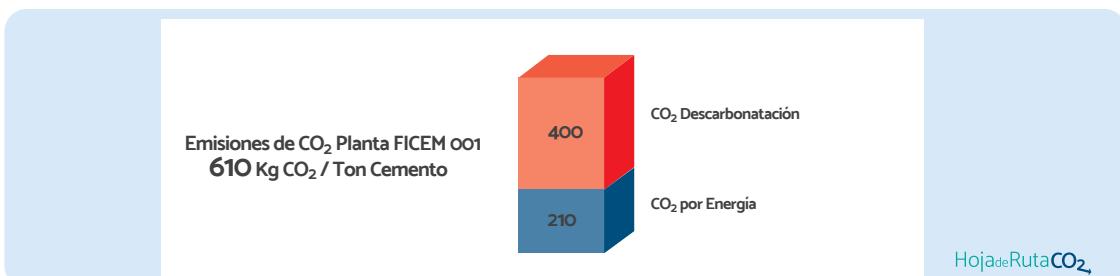


Figura: 55

Fuente: Modelación de uso MRV FICEM : Factor clíker y coprocesamiento

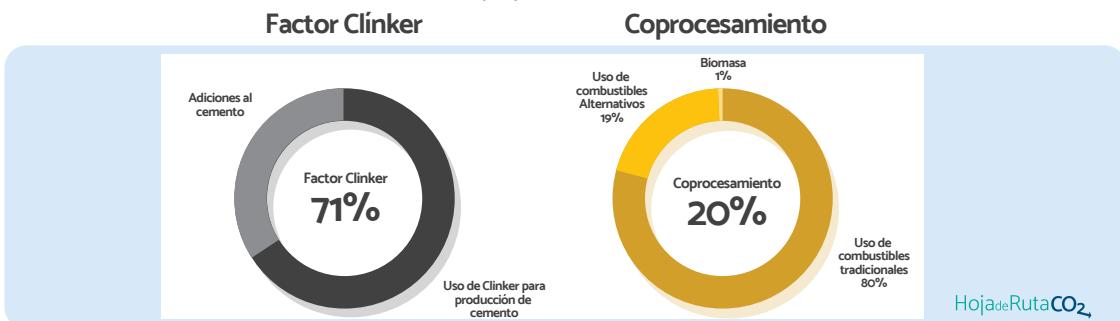
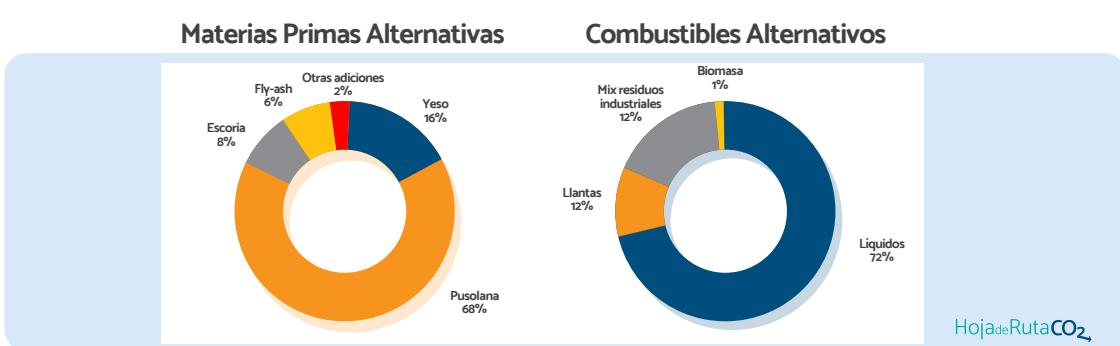


Figura: 56

Fuente: Modelación de uso MRV FICEM : Uso de energía para materias primas y energía



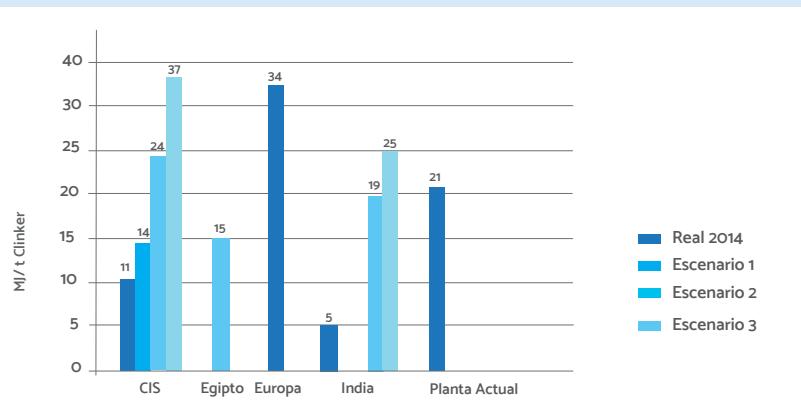
## Herramienta 3

Gráficos comparados entre el ejemplo y los ejes de reducción de las hojas de ruta de referencia.

Figura: 57

Fuente: Modelación MRV FICEM: Eje de reducción factor clíker

Participación de combustibles alternativos por contribución energética %

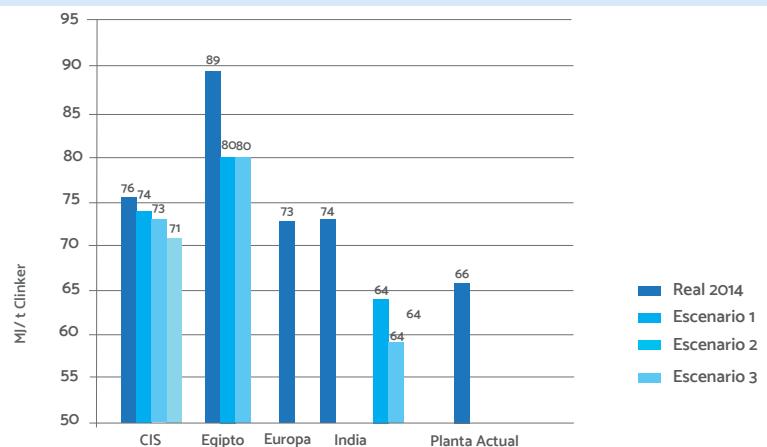


Hoja de Ruta CO<sub>2</sub>

Figura: 58

Fuente: Modelación MRV FICEM: Eje de reducción factor clíker

Evolución Factor Clíker %



Hoja de Ruta CO<sub>2</sub>

## Herramienta 3

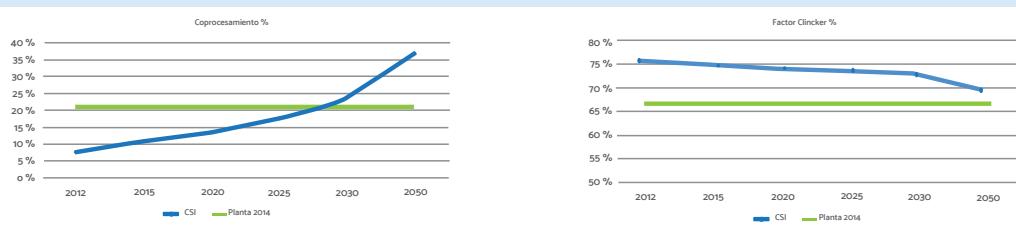
### Indicadores Técnicos Roadmap CSI 2009.

En este conjunto de gráficos podemos apreciar la comparación de una “Planta Ejemplo” con las proyecciones de CSI al 2050 para sus cuatro ejes de reducción definidos, factor clinkler, uso de residuos, eficiencia eléctrica y térmica. Esta información es fundamental para conocer el estado actual de la planta modelada y además entrega una proyección de los desafíos futuros. Tal como lo plantea la ECRA en sus papers tecnologicos, existe una corelación entre todos estos ejes, por ejemplo muchos proyectos de combustibles alternativos pueden implicar perdida de

eficiencia termica en el hormpo o adiciones de materias primas alternativas para mejorar el factor clinkler puede implicar perdidas de eficiencia eléctrica en los procesos de molienda. De lo anterior la importancia de realizar proyecciones que integren todas las soluciones con el fin de optimizar su implementación. Además se deben considerar factores externos como son la energía eléctrica que alimenta una planta y su factor de emisión de CO<sub>2</sub> y la realidades regionales asociadas a la disponibilidad de residuos para ser usado en producción de cemento

Figura: 59

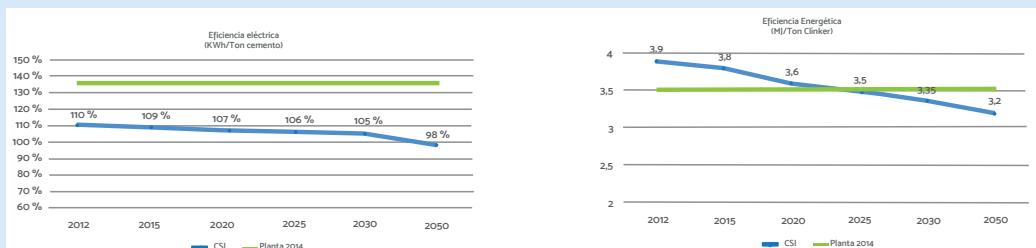
Fuente: Modelación de uso MRV FICEM



Hoja de Ruta CO<sub>2</sub>

Figura: 60

Fuente: Modelación de uso MRV FICEM



Hoja de Ruta CO<sub>2</sub>

## Herramienta 4

### Taller de Potencial de Reducción

El taller es una instancia que se realiza en cada país y donde se reúne la industria, institutos, asociaciones gremiales y FICEM para analizar la información que entrega la calculadora MRV FICEM, una vez que los datos GNR del país han sido consolidados.

Durante esta actividad se deben revisar los Papers de la ECRA, que son las referencias tecnológicas para optimizar los procesos y evaluar la real potencialidad de su implementación.

En la siguiente tabla se ven las principales temáticas de los papers y su potencial total de reducción de emisiones

asociadas y una gráfica con las contribuciones porcentuales de los ejes. Es importante destacar que no es pertinente sumar todas las potenciales reducciones, dado que las tecnologías en algunos casos se superponen entre ellas en el marco de la reducción de emisiones. Lo anterior queda demostrado puesto que si sumamos todos los aportes de reducción de los papers el valor alcanzado es de 1048 Kg de CO<sub>2</sub>eq por Tonelada de Cemento, lo que no es sostenible técnicamente, considerando que una planta con un muy mal desempeño, no emite mas de 850 Kg de CO<sub>2</sub>eq por Tonelada de Cemento.

Papers ECRA 2017 por eje de reducción	Potencial de reducción Kg CO <sub>2</sub> /ton. Cemento		Real Potencial de reducción Kg CO <sub>2</sub> /ton. Cemento
Combustibles alternativos	166		33
Eficiencia eléctrica	36		15
Eficiencia térmica	248		17
Materias primas alternativas	599		101
<b>Total general</b>	<b>1048</b>		<b>166</b>
Evaluación de aplicabilidad de los PAPER ECRA 2017 al estado del arte de la producción de cemento local			

Este taller debe entregar los análisis cualitativos de reducción de CO<sub>2</sub>eq y definir el plan de acción para llevar este análisis a proyecciones validadas de CO<sub>2</sub>eq para la

industria del país. en la siguiente tabla se aprecian las contribuciones individuales que deben ser evaluadas por la industria.

## Herramienta 4

### Papers Tecnológicos ECRA 2017 Asociados a Ejes de Reducción

#### Aportes por ejes de reducción

Figura: 61

Fuente: Modelación de uso MRV FICEM

Ejes de Reducción	Potencial de reducción Kg CO <sub>2</sub> /ton. Cemento	Unidad
<b>Combustibles Alternativos</b>		
Cambio de combustible (carbón/coque de petróleo / petróleo/gas/biomasa pura)	166	
Carbonización hidrotérmica (HTC) y Torrefacción	50	
Combustibles alternativos (incluye biomasa), reemplazando combustibles fósiles convencionales	25	
Gasificación o precombustión de combustibles alternativos	39	
Pretratamiento de combustibles alternativos (molienda, secado)	42	
Reemplazo de quemador mono canal a quemador moderno multicanal	7	
	4	
<b>Eficiencia Eléctrica</b>		
Eficiencia del sistema auxiliar	36	
Gestión de energía	2	
Mejorar control/automatización de plantas de envasado	0	
Molienda de cemento con molinos de rodillos verticales y prensas de rodillos	11	
Molienda separada de los componentes de la materia prima	5	
Molienda y mezcla separados por finura	1	
Operación de planta de cemento optimizada con energía renovable	1	
Optimización de los parámetros de funcionamiento de los molinos de bolas	10	
Separadores de alta eficiencia	1	
Tecnología avanzada de molienda	2	
Uso optimizado de las ayudas de molienda	0	
Variadores de velocidad	1	
	3	
<b>Eficiencia Térmica</b>		
Aumento de la capacidad del horno	248	
Cambiar de hornos largos a hornos con precalcinador / precalentador	17	
Enfriador de clíker de tecnología eficiente	166	
Etapas de ciclones precalentadores adicionales	21	
Impacto del factor de saturación de cal muy alto/muy bajo	8	
Mejorar la aptitud de cocción de la mezcla de materias primas, por ejemplo, por mineralizantes	1	
Modificación de precalentador (por ej. ciclones con menor pérdida de presión)	10	
Recuperación de calor residual: Ciclo Kalina	1	
Recuperación de calor residual: The Organic Rankine Cycle (ORC)	8	
Recuperación de calor residual: Vapor	8	
Tecnología de enriquecimiento de oxígeno	8	
	1	
<b>Materias Primas Alternativas</b>		
Aumentar el rendimiento del cemento por optimización de la distribución del tamaño de partícula.	599	
Materias primas alternativas descarbonatadas para la producción de clíker	23	
Reducción adicional del contenido de clíker en cemento mediante uso de escorias granuladas de alto horno.	49	
Reducción adicional del contenido de clíker en el cemento mediante el uso de ceniza volante	193	
Reducción adicional del contenido de clíker en el cemento mediante el uso de otros materiales	50	
Reducción adicional del contenido de clíker en el cemento mediante el uso de puzolanas naturales	45	
Reducción adicional del contenido de clíker en el cemento mediante el uso de puzolanas naturales calcinadas	46	
	194	
<b>Total general</b>	1048	

## Herramienta 5

### Implementación de Hoja de Ruta País

Esta herramienta surge una vez que la industria en cada país adhiere a la Hoja de Ruta FICEM y define la orgánica para liderar la implementación local.

Es un plan de acción basado en las brechas y oportunidades para aprovechar el potencial de reducción de CO<sub>2</sub>eq, y donde interactúan la industria, los gobiernos, academia y clientes.

Este plan deberá contemplar los requerimientos locales de adaptación, por lo que la Hoja de Ruta FICEM funcionará como un esquema de referencia para la construcción de una Hoja de Ruta Nacional que respete normativas internas, culturas corporativas, grado de desarrollo de la industria, estructura gubernamental como cualquier otro aspecto relevante que forme parte de la realidad local.

## PASOS A SEGUIR PARA IMPLEMENTAR HOJA DE RUTA FICEM-PAIS

PASO  
**01**

### 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 deberá considerar las políticas FICEM con respecto a actividades de la industria, siendo los temas tratados solo relacionados al proyecto hoja de ruta FICEM país.

Deberán 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 deberá 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 deberá evaluar la oportunidad y alcance de implementar una Hoja de Ruta país, definir los potenciales recursos, metas y objetivos de dicho proyecto. Esta información deberá 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.

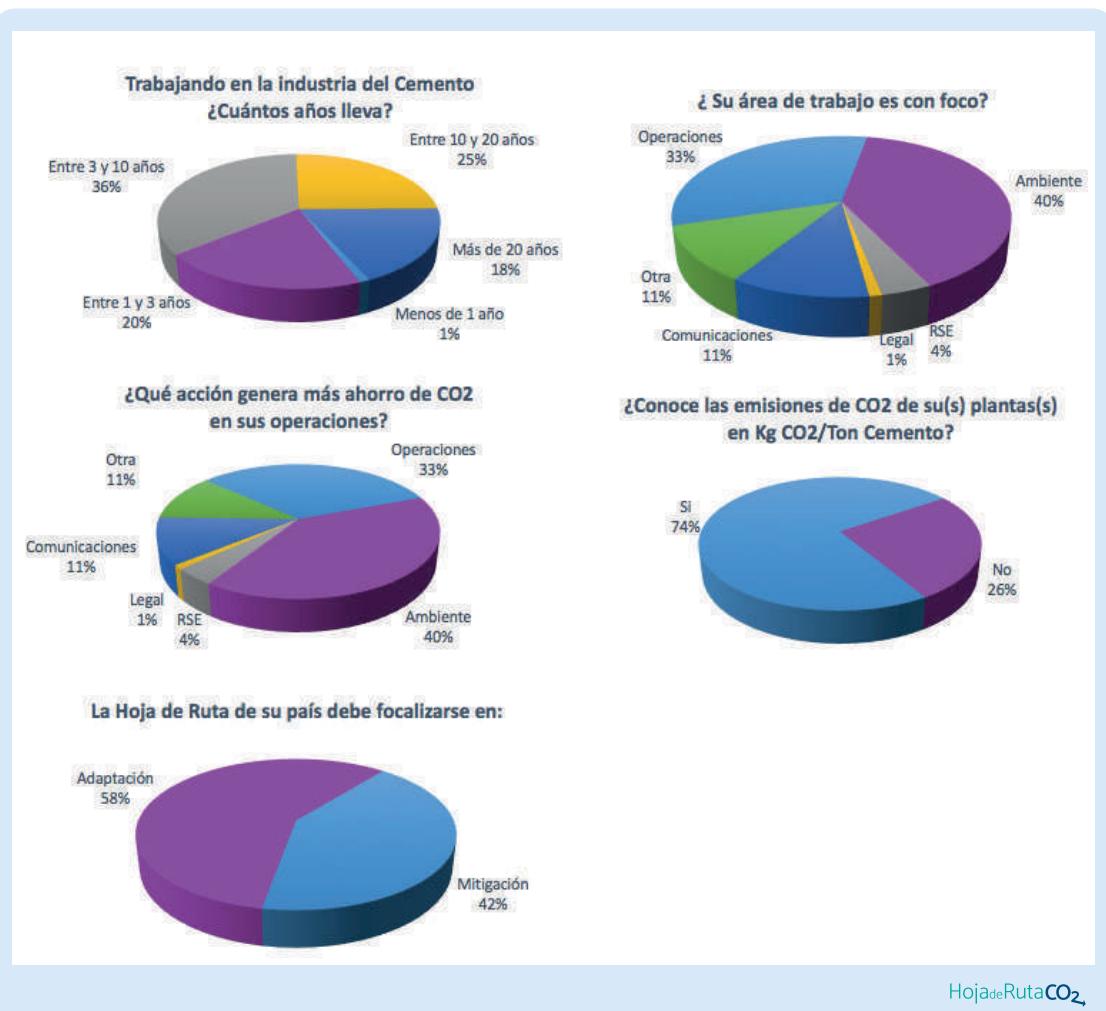
## Herramienta 5

A la fecha se han realizado 7 Talleres en igual número de países, contando con la participación de prácticamente toda la industria local, pudiendo determinar nuevos alcances del proyecto que agregan valor no tan sólo al país

en cuestión, sino que a la industria en su conjunto. A continuación, se presenta el resultado estadístico de una encuesta realizada en los 7 talleres Fase 0.

Figura: 62

Fuente: FICEM 2017 Gráfica de encuestas realizadas durante el taller



## Herramienta 5

PASO  
02

### Informe, evaluación Fase 0 FICEM/país.

Este informe se elaborará en conjunto con FICEM y la industria local. En él se plasmarán 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 clinker, indicadores de referencia asociados a otros proyectos de Hoja de Ruta, políticas públicas del país (ej: metas de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>eq, requerimientos de adaptación y mitigación) e impuestos verdes.

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

PASO  
03

### Aplicación de la MRV FICEM por país.



Posterior a la realización del Taller Fase 0, y previo a la realización del taller de análisis del potencial de reducción de CO<sub>2</sub>eq por país, la industria local deberá disponer de la reportabilidad de GNR desagregada y/o consolidada para poder incorporar esta data a la calculadora. Con estos antecedentes se correrá el modelo, con lo cual se podrán 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, será la base

para construir las estrategias para implementar el potencial de reducción de CO<sub>2</sub>eq en la industria local. Además, la calculadora entregará 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.

Para el caso que no se cuente con datos GNR o con el total de la información de GNR requerida, se podrá realizar sólo una proyección de los reales potenciales de reducción.

## Herramienta 5

Dentro de los reportes que genera esta herramienta se puede considerar un reporte específico para las autoridades locales, el que podrá llegar a cumplir los requisitos de un MRV (Mecanismo de Revisión y Verificación).

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<sub>2</sub>eq por planta y por país.

### PASO 04

#### 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 elaborará un informe del nivel de cumplimiento del país de las emisiones de la industria local v/s CSI y contra las otras hojas de ruta existentes. Este informe contará con el reporte



de emisiones específica 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 05

#### Taller potencial de reducción y plan de acción Hoja de Ruta país.



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

En este taller se revisarán los resultados de haber implementado la calculadora FICEM en el país y se realizarán 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 clíker y captura como uso de CO<sub>2</sub>eq, a fin de determinar los reales potenciales de reducción específicos y consolidados. Además, se deberá 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 deberán considerar los potenciales de reducción asociados al uso del cemento, como las reducciones que genera el cemento en vivienda, carreteras e infraestructura, enmarcando estas medidas en las necesidades de mitigación y adaptación nacionales.

Basado en las oportunidades de reducción, se deberá 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 podrán 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 serán la base estructural de la Hoja de Ruta del país.

## Herramienta 5

PASO  
06

### Hoja de Ruta por País.

Con los resultados en los talleres ya realizados se deberá elaborar en formato FICEM el plan de acción denominado Hoja de Ruta FICEM-PAÍS, el que considerará 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.

#### Organigrama Hoja de Ruta del País.

La hoja de ruta local deberá 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.

#### Principales Roles y Responsabilidades.

Comité ejecutivo Hoja de Ruta: lo integrarán directores de institutos y/o asociaciones y altos ejecutivos de la industria que participan en el proyecto. Su función radica en aprobar la Hoja de Ruta y sus distintas etapas de avance, además de asegurar los recursos necesarios para su implementación.

Este comité deberá, 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  
07

### Reporte de Cumplimiento.

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 será entregado en julio de cada año, con los avances a la fecha indicada, para luego ser consolidado por FICEM para ser presentado a la Asamblea de Presidentes.

PASO  
08

### Seguimiento anual de cumplimiento

FICEM valida los reportes\* 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".



## Herramienta 6

### 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 clíker, captura de CO<sub>2</sub>eq, vivienda y pavimento sostenible, infraestructura resiliente y diferencias geográficas regionales, son algunas de las temáticas que FICEM deberá desarrollar a través de papers para un uso público y privado. Cabe destacar que todo el proyecto de Hoja de Ruta de CSI 2009 se ha basado en 38 papers. Durante este segundo semestre se han publicado sus actualizaciones y la incorporación de 22 nuevos papers, que serán la base de los nuevos papers a desarrollar por FICEM.

#### PAPERS FICEM

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

#### Papers 1: Tecnología e Innovación de reducir CO<sub>2</sub> en la industria del cemento

Basado en los Papers ECRA 2017, se realizan las adecuaciones a la realidad de Latinoamérica para su implementación, además tendrá un módulo para una lectura integral de los distintos aportes de estas tecnologías bajas en carbono.

#### Papers 2: Uso de residuos para el coprocesamiento

En él se determinarán las oportunidades y barreras para valorizar residuos como uso de energía alternativa en el cemento y además, se sensibilizará los impactos sociales de efecto que estos residuos en el ambiente.

#### Papers 3: Uso de residuos para el reemplazo de materias primas.

Este paper avalará el alto potencial de reducción de este eje y además la solución que se genera a residuos industriales tales como: Ceniza, Escorias, entre otras. Se abordará 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 CO<sub>2</sub> es el uso de energía para el acondicionamiento térmico en viviendas y edificio, en este documento se demostrarán los atributos del cemento y concreto, en la aislación e inercia térmica, los que generan relevantes ahorros de energía y reducción en las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas. También se 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 demuestran las reducciones de CO<sub>2</sub> de pavimentos en concreto vs en asfalto, debido al ahorro de combustibles en transporte, vida útil y menor 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 en combustibles, generan una reducción asociada en emisiones de CO<sub>2</sub> por uso de combustibles.

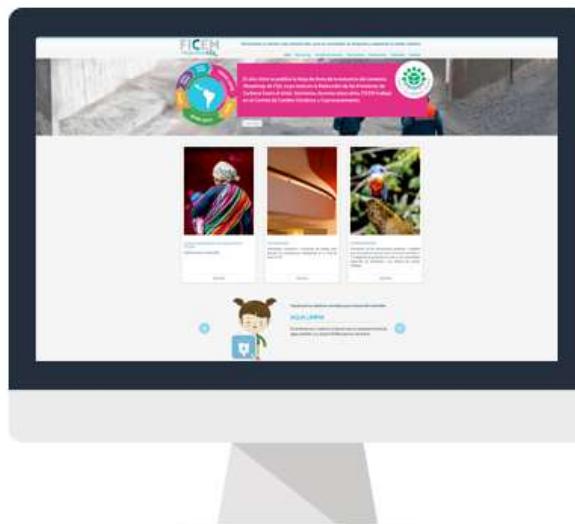
## Herramienta 7

### Biblioteca Virtual

La Biblioteca virtual es un repositorio de información a objeto de poseer una fuente oficial donde se respalda toda la bibliografía 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.

En FICEM estamos convencidos que la aplicación de todas estas herramientas en nuestros países y plantas facilitarán a nuestra industria adecuarse a las necesidades de mitigación y adaptación a los efectos del cambio climático. Estas herramientas tienen un alto grado de flexibilidad dado la diversidad de nuestros países y hemos considerado la importancia de comunicar y difundir proactivamente el compromiso de nuestra industria en la materia. Siendo este informe la pieza base en nuestra estrategia de acercar nuestra industria a los distintos públicos de interés.



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

Hemos revisado las 8 herramientas que FICEM pone a disposición de la industria del cemento en Latinoamérica, para la elaboración, seguimiento y publicación de las Hojas de Ruta por País. Como lo hemos señalado anteriormente, estas herramientas son flexibles y su desarrollo futuro, será en base a los nuevos desafíos que el cambio climático nos presentará en nuestra región.

# IV

## DESAFÍOS DE LA HOJA DE RUTA FICEM

## **DESAFIOS DE LA HOJA DE RUTA FICEM**

El gran desafío de la Hoja de Ruta FICEM es posicionar al cemento como un material líder para las necesidades de adaptación y mitigación a los efectos del cambio climático en nuestro continente.

Para esto, la Hoja de Ruta FICEM ha definido dos grandes ejes de trabajo: un posicionamiento interno y otro externo. Del interno, se está trabajando fuertemente al interior de la industria con los actores relevantes, a fin de que este proyecto facilite y asegure la optimización de los procesos en la reducción de energía asociada y, por ende, la mitigación de gases efecto invernadero.

Del externo, se pueden distinguir dos grupos de trabajo claramente identificados: las autoridades y los clientes. Por una parte, las autoridades deberán determinar en estos años las políticas públicas que se hagan cargo de la reducción de los gases efecto invernadero. En la medida que la industria ponga a su disposición los números correctos, estas políticas asegurarán la sostenibilidad, no sólo de la industria sino de la sociedad en su conjunto.

A modo de ejemplo, un impuesto denominado verde, mal implementado o una meta mal definida podría generar, y así se ha demostrado, aumento en las emisiones o puede afectar a sectores cuya incidencia en las emisiones no sea relevante, lo que es totalmente contrario a los objetivos trazados.

Por otro lado, tenemos un segundo grupo de trabajo, altamente relevante para el sector, que son los clientes. La construcción de carreteras y vivienda en concreto tienen, sin duda, una menor huella de carbono en su ciclo de vida, pero esta información aún no es de conocimiento público. En una primera fase se ha logrado el posicionamiento interno, el desafío con el posicionamiento de los públicos externos es que la industria sea un aliado en estos proyectos que la humanidad está demandado, y cuya oportunidad no sólo se transforme en una ocasión idónea para el sector, sino que en una oportunidad para mejorar la calidad de vida de todos los habitantes de nuestro continente.

## **ANEXOS**

## ANEXO I - Extracto Estudio realizado por Factor CO<sub>2</sub>eq para FICEM

En la siguiente Tabla se resumen las Emisiones de CO<sub>2</sub>eq por país y la contribución del sector cemento. Además, se

acompaña el método de cálculo para nuestro sector, cuando corresponde.

### ARGENTINA

Reporte de emisiones	Sector cemento
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Año analizado: 2012</li> <li>• Total de emisiones: 429,437 Gg CO<sub>2</sub>e</li> <li>• Sector Procesos industriales y Uso de Productos: 15,268.1 Gg CO<sub>2</sub>e (3.5% del total).</li> <li>• Principales fuentes de emisión (80% del sector): Sectores de la producción del hierro y acero.</li> <li>• Producción de cemento.</li> <li>• Producción de cal.</li> <li>• <b>IPCC 1996, 2006 – Nivel 2.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisiones: 4,445.5 GgCO<sub>2</sub>e.</li> <li>• 29.5% del total de emisiones del sector.</li> <li>• IPCC 2006, Procesos Industriales y Uso de Productos. Análisis de cálculo Nivel 2.</li> <li>• Contabilización de emisiones de CO<sub>2</sub>, excluyendo CH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, HFC, PFC Y SF<sub>6</sub>.</li> <li>• Principal variedad: Cemento Portland (18 plantas nacionales).</li> </ul>

#### Factor de Clíker:

Factor de Clíker: FEclíker= 0.785 X CaOclíker

Donde 0.785 es la relación de peso molecular del CO<sub>2</sub> con el CaO; y CaOclíker es el contenido de CaO (fracción de peso) en el clíker.

El Factor clíker resultante para el reporte considerado fue de: 0.517 tco<sub>2</sub>/t clíker.

Relación de clíker/cemento promedio: 0.8164.

Fuente: 3ra Comunicación de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Inventario de Gases de Efecto Invernadero de la República Argentina – Año 2012. Procesos Industriales y Uso de Productos. 2015

## BOLIVIA

### Reporte de emisiones

- Año analizado: 2002 y 2004.
- Total de emisiones 2004: 85,331.17 Gg CO<sub>2</sub>e.
- Emisiones (Gg): CO<sub>2</sub>- 64,383.74
- CH<sub>4</sub>- 763.76
- N<sub>2</sub>O-3,74 Gg
- Remociones (Gg): CO<sub>2</sub>- 18,265.25
- **IPCC 2001- Tercer Informe de Evaluación.**
- **IPCC 1996, 2000, 2006- Nivel 2.**

### Sector cemento

- Emisiones 2004 (Gg): CO<sub>2</sub>e- 751.49
- Emisiones año base 1990 (Gg): CO<sub>2</sub>e-308
- 11va actividad más emisora.
- Análisis Nivel 1.

### Factor de Clínker:

Cantidad de cemento producido en 2004: 1,010,446.00 toneladas.

Fuente: Segunda Comunicación Nacional del Estado Plurinacional de Bolivia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 2009.

## BRASIL

### Reporte de emisiones

- Año analizado: 2005.
- Total estimado anual de 2,1192,601Gg de CO<sub>2</sub>e.
- **IPCC 1996, 2000, 2006 – Nivel 2.**

### Sector cemento

- Sector cementero responsable por el 25% de las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector.
- Producción 2005:
- Cemento: 39 millones de Ton
- Utilización de producción de clínker para cálculo de emisiones, no producción de cemento.
- Análisis realizado a Nivel 3.

### Factor de Clínker:

En 2005, 68% de contenido de clínker en cemento. Producción 2005 de Clínker: 26 millones de Ton

Fuente: Segunda Comunicación Nacional de Brasil a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 2010.

## CHILE

### Reporte de emisiones

- Años analizados: 2000 y 2006.
- Total de emisiones: 59,672 Gg CO<sub>2</sub>e
- Total de emisiones (Gg):
  - CO<sub>2</sub> - 60,795.9
  - CH<sub>4</sub> - 591.7
  - N<sub>2</sub>O - 27.1 Gg
  - Absorción de CO<sub>2</sub> (Gg): 22,043.4
- **IPCC 1996, 2000, 2003 - Nivel 1 y 2.**

### Sector cemento

- Producción de cemento identificada como actividad clave para el estudio.
- Emisiones anuales: 2000 - 1,683.4 Gg Co<sub>2</sub>e
- Análisis Nivel 1.

Fuente: Segunda Comunicación Nacional de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 2011.

## COLOMBIA

### Reporte de emisiones

- Años analizados: 2000 y 2004.\*
- Emisiones:
  - 2000- 177,575.35 Gg CO<sub>2</sub>e
  - 2004- 180,008.18 Gg CO<sub>2</sub>e
- Principales sectores emisores:
  - Agricultura - 38%
  - Energía - 37%
  - USCUSS - 14%
- **IPCC 1996, 2003 - Nivel 1 y 2.**

### Sector cemento

- Emisiones Producción de Minerales no Metálicos: 2000 - 3,505.93 Gg CO<sub>2</sub>e
- La industria cementera presenta una fracción muy pequeña dentro del total de emisiones anuales.
- Análisis Nivel 2.

Fuente: Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 2010.

## COSTA RICA

### Reporte de emisiones

- Año analizado: 2010
- Total de Emisiones: 8,788.84 Gg CO<sub>2</sub>e
- **IPCC 2006 – Nivel 1, 2 y 3.**

### Sector cemento

- Sector cemento la décima actividad más emisora, con el 2.6% del total.
- Emisiones 2010: 59235 Gg CO<sub>2</sub>
- Análisis Nivel 2.

### Factor de Clíker:

Porcentaje de clíker por producción de cemento: 65%

Fuente: Tercera Comunicación Nacional, Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 2014.

## ECUADOR

### Reporte de emisiones

- Año analizado: 2006
- Total de emisiones: 410,010.75 kTon CO<sub>2</sub>e
- Total de Remociones: 1,695,246.67 ton CO<sub>2</sub>e
- Incremento porcentual de 54.6% desde 1990.
- **IPCC 1996 – Nivel 1 y 2**

### Sector cemento

- Sector industrial identificado como el menor contribuidor de emisiones.
- Emisiones de Sub Sector de Producción de minerales: 2,754,590.34 Ton CO<sub>2</sub>e.

Fuente: Segunda Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático. 2011

## EL SALVADOR

### Reporte de emisiones

- Año analizado: 2005
- Total de Emisiones: 14,453.40 Gg CO<sub>2</sub>e
- Aumento del 3.66% con respecto al año base 2000.
- **IPCC 1996, 2000 – Nivel 1.**

### Sector cemento

- Sub Sector de Productos Minerales: 442.08 Gg CO<sub>2</sub>e.
- Esto representa el 100% del sector industrial y el 3.1% del inventario.
- Producción de cemento: 440.86 Gg CO<sub>2</sub>.

Fuente: 2da Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático. 2013

## GUATEMALA

Reporte de emisiones	Sector cemento
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Año analizado: 1990</li> <li>• Emisiones totales:</li> <li>• CO<sub>2</sub> – 7,489.619 Gg</li> <li>• CH<sub>4</sub> – 199.556 Gg</li> <li>• N<sub>2</sub>O – 20.709 Gg</li> <li>• Absorciones:</li> <li>• (-) 42,903.727 Gg CO<sub>2</sub></li> <li>• <b>IPCC 1996 – Nivel 1.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisiones por producción de cemento: 400.164 Gg CO<sub>2</sub></li> <li>• Representa el 74% de las emisiones del sector Procesos Industriales.</li> </ul>

Fuente: 1<sup>er</sup> Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. 2001.

## HONDURAS

Reporte de emisiones	Sector cemento
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Año analizado: 2000</li> <li>• Emisiones netas de CO<sub>2</sub>e:</li> <li>• (-) 13,828.94 Gg</li> <li>• Absorción de CO<sub>2</sub>:</li> <li>• (-) 52,525.26 Gg</li> <li>• Emisiones totales:</li> <li>• CO<sub>2</sub> – 6,988.83 Gg</li> <li>• CH<sub>4</sub> – 270.17 Gg</li> <li>• N<sub>2</sub>O – 8.13 Gg</li> <li>• <b>IPCC 1996, 2000 – Nivel 1.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisiones del sector Procesos Industriales: 3,204.0 Gg CO<sub>2</sub></li> <li>• 11% del total de emisiones de CO<sub>2</sub>.</li> <li>• Producción de cemento: 625.15 Gg CO<sub>2</sub></li> <li>• Industria del cemento es el 90.6% de las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector de Procesos Industriales.</li> <li>• Principal actividad: pavimentación asfáltica.</li> </ul>

Fuente: Segunda Comunicación Nacional del Gobierno de Honduras ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

## MÉXICO

Reporte de emisiones	Sector cemento
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Año analizado: 2010</li> <li>• Emisiones totales: 748,252.2 Gg CO<sub>2</sub>e</li> <li>• Incremento del 33.4% con respecto al año base 1990.</li> <li>• <b>IPCC 1996 – 2006 – Nivel 1 y 2.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sector de Procesos Industriales representa el 8.2% del total de emisiones con 61,308.9 Gg CO<sub>2</sub>e.</li> <li>• Sub sector de Productos minerales: 35,233.7 Gg CO<sub>2</sub>e</li> <li>• 57.1% de las emisiones del sector.</li> <li>• Emisiones por producción de cemento: 20,003.3 Gg CO<sub>2</sub></li> </ul> <p>Análisis Nivel 1.</p>

Fuente: Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 2012.

## NICARAGUA

### Reporte de emisiones

- Año analizado: 2000
- Total de Emisiones: 59,477.39 Gg CO<sub>2</sub>e.
- **IPCC 1996, 2003 - Nivel 1 y 2.**

Fuente: Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco Teórico de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 2001

### Sector cemento

- Sector de Procesos Industriales: 305.85 Gg CO<sub>2</sub>.
- Sector Cemento: 287.17 Gg de CO<sub>2</sub>.

## PANAMÁ

### Reporte de emisiones

- Año analizado: 2000
- Total de Emisiones: 3,903.75 Gg CO<sub>2</sub>e
- Emisiones:
- CO<sub>2</sub> – 26,402.21 Gg
- CH<sub>4</sub> – 203.71 Gg
- N<sub>2</sub>O – 4.83 Gg
- Asociaciones:
- CO<sub>2</sub> – 28,273.67 Gg
- **IPCC 1996, 2003 - Nivel 1.**

Fuente: Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco Teórico de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 2001.

### Sector cemento

- Subsector Productos Minerales representa el 100% de las emisiones del sector de Procesos Industriales.
- Emisiones por producción de clíker para cemento: 88.82 Gg CO<sub>2</sub>, representando el 14.98% de CO<sub>2</sub>.

## PERÚ

### Reporte de emisiones

- Año analizado: 2000
- Total de Emisiones/Remisiones:
- 120,023 Gg CO<sub>2</sub>e.
- Crecimiento del 21% sobre los niveles de 1994.
- **IPCC 1996, 2000, 2003 - Nivel 1 y 2.**

### Sector cemento

- Sector de procesos industriales
- representa el 18.9% de las emisiones totales
- (7,917 Gg CO<sub>2</sub>e).
- Emisiones Sector Cemento: 1,781 Gg CO<sub>2</sub>.
- 89% de emisiones por
- Productos Minerales.
- Producción de Cemento: 3,657,641 Toneladas.

Fuente: Perú y el Cambio Climático. Segunda Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 2010.

## REPÚBLICA DOMINICANA

### Reporte de emisiones

- Año analizado: 2000.
- Emisiones totales:
- CO<sub>2</sub> – 1391.82 Gg
- CH<sub>4</sub> – 230.96 Gg
- N<sub>2</sub>O – 9.76 Gg
- **IPCC 1996,2000, 2003 – Nivel 1.**

Fuente: Proyecto Cambio Climático 2009. Segunda Comunicación Nacional.

### Sector cemento

- Emisiones de Productos
- Minerales: 285.23 Gg CO<sub>2</sub>.
- Sector cemento no representa una de las actividades más relevantes.

## URUGUAY

### Reporte de emisiones

- Año analizado: 2004
- Total de emisiones: 25,931.70 kton de CO<sub>2</sub>e.
- Principales sectores emisores (96% del total):
  - Energético.
  - Procesos Industriales.
  - El sector de Uso de Tierra y
  - Silvicultura capturó 10,349 kton, resultando con una remoción de CO<sub>2</sub>.
- **IPCC 1996, 2006 – Nivel 2.**

### Sector cemento

- Emisiones 2004: 291.19 kton CO<sub>2</sub> y 170 ton SO<sub>2</sub>.
- 91.8% y 40% de las emisiones del sector respectivamente.
- 85% del total de 341.63 de kton de CO<sub>2</sub>e del sector.

Fuente: Tercera Comunicación Nacional a la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 2010.

\*La presencia de dos períodos como parte del análisis para la presentación de una comparación temporal de cambios en las emisiones del país.

## GLOSARIO

- **Agregados:** materiales utilizados en la construcción, como arena, grava y piedra triturada.
- **Biomasa:** productos de origen biogénico utilizados como fuente de energía térmica, incluyendo los provenientes de animales o plantas. Ésta consiste principalmente de residuos agrícolas, de silvicultura, residuos biológicos de tratamiento de aguas y de la
- **Agroindustria.**
- **Cemento:** material de construcción resultante de moler clínker junto con diversos componentes minerales, tales como yeso, piedra caliza, escoria de alto horno, cenizas volantes de carbón y material volcánico natural. Actúa como agente de unión al mezclarse con arena, grava o piedra triturada y agua para hacer concreto. Si bien las cualidades del cemento están definidas por normas nacionales, no existe una definición armonizada o estándar para el cemento en todo el mundo. En el Protocolo WBCSD – CSI y la base de datos GNR, “cemento” incluye todos los aglomerantes hidráulicos que se entregan al cliente final, es decir, incluyendo todos los tipos de cementos Portland, compuestos y mezclados, además de escoria granulada molida y cenizas volantes entregadas a los mezcladores de concreto, pero excluyendo el clínker. Véase la sección 6.3 del Protocolo de Cemento WBCSD – CSI para la definición precisa.
- **Cemento de geopolímeros:** cemento fabricado con cadenas o redes de moléculas minerales que producen 80 a 90% menos de CO<sub>2</sub> que el CPO, ver [www.geopolymer.org](http://www.geopolymer.org)
- **Cemento mezclado:** cemento Portland mezclado con sustitutos de clínker.
- **Cemento Portland Ordinario (CPO):** el tipo más común de cemento, que consta de más de un 90% de clínker y aproximadamente un 5% de yeso.
- **Cenizas volantes:** material particulado proveniente del despolvamiento de los gases calientes, generado y capturado en las centrales eléctricas a carbón.
- **Clínker:** producto intermedio en la fabricación de cemento y la principal sustancia en el mismo. El clínker es el resultado de la calcinación de piedra caliza en el horno y las reacciones subsiguientes durante la quema.
- **Coprocesamiento:** uso de materiales de desecho en los procesos industriales, por ejemplo, en el cemento, como sustitutos de combustible primario o materias primas.

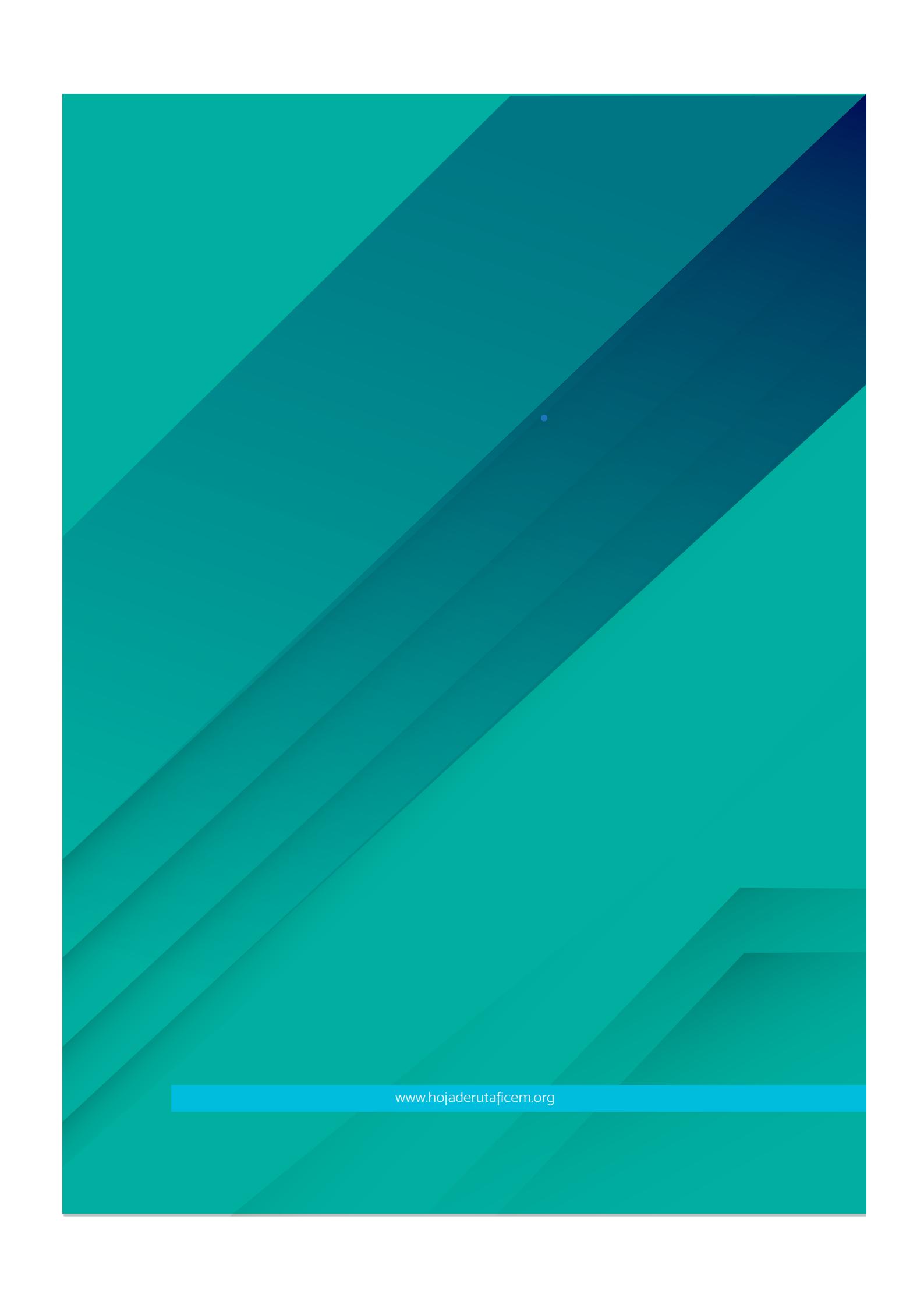
- **Combustibles fósiles alternativos:** productos de origen fósil utilizados como fuente de energía térmica y no clasificados como combustible fósil tradicional. Básicamente son residuos fósiles tales como plásticos, solventes, aceites usados, llantas usadas, etc.
- **Combustibles tradicionales:** combustibles fósiles definidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), que incluyen principalmente: carbón, coque de petróleo, lignito, esquistos, productos derivados del petróleo y el gas natural
- **Coque de petróleo:** material sólido a base de carbón, derivado de las refinerías de petróleo
- **CSI:** Iniciativa de Sostenibilidad del Cemento, ver [www.wbcsdcement.org](http://www.wbcsdcement.org)
- **Emisiones brutas de CO<sub>2</sub>eq:** todas las emisiones directas de CO<sub>2</sub> (excepto la producción eléctrica in situ) excluyendo las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la biomasa, que se consideran neutras en cuanto al clima
- **Emisiones netas de CO<sub>2</sub>eq:** emisiones brutas de CO<sub>2</sub>eq menos las emisiones procedentes de combustibles fósiles alternativos
- **Enfoque sectorial:** una combinación de políticas y medidas desarrolladas para mejorar la mitigación de gases de efecto invernadero de manera eficiente, sector por sector, en el marco de la ONU. Los productores y sus gobiernos anfitriones adoptan un conjunto de metas de emisiones, que pueden variar según el país, o toman otra acción coordinada para ayudar a combatir el cambio climático; ver [www.wbcsdcement.org/sectoral](http://www.wbcsdcement.org/sectoral)
- **ETS de la UE:** Sistema de Comercio de Emisiones de la Unión Europea.
- **Fuga de carbono:** aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq en un país como resultado de una reducción de emisiones en otro país; por ejemplo, si ese segundo país tiene una política climática más estricta.
- **GNR:** “las cifras correctas”; base de datos mundial del cemento creada por la CSI y que cubre más de 800 plantas en todo el mundo pertenecientes a las 18 empresas miembro de la CSI.
- **IEA:** Agencia Internacional de Energía [www.iea.org](http://www.iea.org)
- **Hoja de ruta de tecnología:** planes de trabajo para apoyar a la industria baja en carbono, la academia y grupos de investigación, la sociedad civil y los gobiernos en la identificación y priorización de los objetivos estratégicos de I&D e inversiones necesarias para alcanzar los objetivos de desarrollo tecnológico

- **Horno precalcinador:** un horno rotativo equipado de modo que la mayor parte de la calcinación de piedra caliza se lleva a cabo en un aparato independiente delante del horno rotatorio, siendo esto más eficiente energéticamente que tener toda la calcinación en el propio horno
- **IPCC:** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Se creó en 1988 con la finalidad de proporcionar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta.
- **MRV:** Monitoreo, Reporte y Verificación
- **NAMA:** medidas de mitigación apropiadas a nivel nacional
- **Productos cementantes:** total de todos los cementos y clíker producidos por una empresa de cemento, excluyendo el clíker comprado a otra compañía y utilizado para hacer cemento. La definición precisa de producto cementantes en este contexto se da de acuerdo a la sección 6.2 del Protocolo del Cemento WBCSD – CSI. El cemento es igual al producto cementoso cuando el saldo neto de clíker vendido y comprado es cero.
- **Puzolana:** un material que, cuando se combina con hidróxido de calcio, exhibe propiedades cementosas
- **Tecnología de membrana:** esta tecnología implica membranas fabricadas específicamente para permitir el paso selectivo de gases (por ejemplo, CO<sub>2</sub>eq). El proceso depende de la naturaleza de los materiales y de la diferencia de presión a través de la membrana misma. Estas nuevas tecnologías de separación de gases todavía no se han aplicado a escala industrial.
- **WBCSD:** Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible [www.wbcsd.org](http://www.wbcsd.org)

## RENUNCIA DE RESPONSABILIDAD

Este informe es el resultado de un esfuerzo de colaboración de FICEM. Ha sido desarrollado en estrecha colaboración con una amplia gama de partes interesadas. No se han hecho compromisos específicos de aplicación de las tecnologías descritas en el informe. Los usuarios de este informe deberán tomar sus propias decisiones de negocios bajo su propio riesgo.

Por otra parte, las opiniones expresadas en esta publicación no reflejan necesariamente las de FICEM. Por último, la mención de nombres o procesos comerciales no constituye un aval a los mismos.



The background of the page features a minimalist abstract design. It consists of a large, solid teal rectangle at the top. Below it is a blue rectangle with a series of thin, diagonal teal stripes running from the bottom-left towards the top-right. A single small blue dot is positioned in the center of the blue rectangle. The bottom portion of the page is a solid teal color, creating a cohesive look.

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