Hoja de Ruta

República Dominicana

Industria del Cemento

HACIA UNA ECONOMÍA BAJA EN CARBONO

2020

Tabla de Contenidos

3 Introducción

6 1. Antecedentes Generales

44 2. Medición, Reporte y Verificación

58 3. Hoja de Ruta FICEM

74 4. República Dominicana y el Cambio Climático

84 5. Elaboración Hoja de Ruta FICEM - República Dominicana

110 6. Acciones y Compromisos HR

Introducción

La Federación Interamericana del Cemento (FICEM), en conjunto con la Asociación Dominicana de Productores de Cemento Portland (ADOCEM) y la industria del cemento local, han elaborado la Hoja de Ruta República Dominicana-FICEM: “Hacia una economía baja en carbono”, en la cual se incorporan los esfuerzos realizados por la Global Cement and Concrete Association (GCCA) a través de Cement Sustainability Initiative (CSI) a nivel global, y las necesidades locales de mitigación y adaptación al cambio climático.

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

Lo anterior debe ser consistente con lograr que las emisiones de CO_2 eq se encuentren bajo los compromisos globales, y así evitar que la tierra aumente su temperatura en más de 2°C con respecto a la era preindustrial. Como se mencionó al comienzo, el desafío aquí planteado encuentra como referente mundial a CSI y, más específicamente, su denominado "Technology Roadmap Low - Carbon Tranisition in the Cement Industry" del año 2018, actualización de su Roadmap del año 2009, que en conjunto con la International Energy Agency (IEA), definió los objetivos de reducción de emisiones de CO_2 eq en la producción de cemento para distintos escenarios, y con hitos cronológicos hasta el año 2050.

En este contexto, y considerando los Objetivos Mundiales para la Sostenibilidad (ODS) de Naciones Unidas, los desafíos del Acuerdo de París (COP 21) y las iniciativas de CSI, la industria del cemento de República Dominicana ha desarrollado su “Hoja de Ruta República Dominicana - FICEM hacia una economía baja en carbono” (HR República Dominicana), evaluando las mejores prácticas disponibles para la acción climática en la mitigación de Gases Efectos Invernadero (GEI), considerando sus adecuaciones locales y posicionando al cemento como el material de construcción líder en resiliencia para la necesaria adaptación al cambio climático de República Dominicana, país con una alta vulnerabilidad frente a eventos climáticos tales como: ondas tropicales, sequías, tormentas y huracanes.

En línea con los ejes mundiales en esta materia, los principales ejes de reducción de CO_2 revisados en la HR República Dominicana son el Factor Clínker, el Coprocesamiento y la Eficiencia Energética, sin dejar de lado las nuevas tecnologías emergentes e innovadoras en captura de CO_2 para almacenamiento o uso, que, si bien requieren mayor investigación, pueden ser claves para el cumplimiento de las metas en el tramo comprendido del año 2030 al año 2050. Esto último estimula un proceso continuo de fomento a la investigación y desarrollo, tanto nacional como internacional, en conjunto con FICEM.

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

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

El Capítulo 5 aborda los principales indicadores ambientales para República Dominicana (análisis comparado de los principales ejes de reducción). También, se realiza un análisis de los efectos de la denominada fuga de carbono. En este capítulo, además, se estiman las reducciones alcanzadas y el potencial de reducción al año 2030, en base a la revisión de los papers de la Academia Europea de Investigación del Cemento (ECRA, por sus siglas en inglés).

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

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

Hoja de Ruta FICEM hacia una economía baja en carbono
Cumplimiento metas HR FICEM
ROADMAP CSI 2009
Cement Sustainability Initiative
Comité Cambio Climático FICEM
• 7 años de trabajo.
• 7 Misiones Multipaís -
• Coprocesamiento.
• Convenio PWC-FICEM-CSI.
• 70% reportabilidad GNR.
• 14 países integrantes
• Implementación HR FICEM/PAÍS.
• Papers FICEM.
• Alianzas estratégicas.
• Servicios para la industria FICEM
2030
2018-2020
2009-2015
2015
2016-2017
2018
ACTUALIZACIÓN
ANTECEDENTES
DESARROLLO
HR FICEM/PAÍS
FICEM
HojadeRuta CO2
Compromiso FICEM COP 21
COP21 · CMP11
PARIS 2015
HR FICEM:
• Roadmap CSI LATAM.
• Aplicación papers tecnológicos.
• Estudio experiencias internacionales HR.
• 10 talleres industria - autoridades.
• Marco Regulatorio Coprocesamiento.
• Calculadora Co2 FICEM.
• Biblioteca virtual.
Impulsando los Objetivos Mundiales para el Desarrollo Sostenible

1

Antecedentes Generales

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

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

Como segundo pilar, se consideraron los esfuerzos y oportunidades que la producción de cemento a nivel mundial ha desarrollado, destacándose el liderazgo de CSI, el cual se materializa con la publicación de su Cement Technology Roadmap 2009, actualizado el año 2018.

1.1 Estrategia global para enfrentar el cambio climático

1.1.1 Visión del cambio climático

De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), el cambio climático puede definirse como la "importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más)", incremento que se ha atribuido al aumento en la concentración de GEI de origen antropogénico (CO_2, metano, entre otros) en la atmósfera, generando así un aumento en la temperatura media global de la superficie terrestre denominado "Calentamiento Global".

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

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

Figura 1.Comparación del cambio climático observado y simulado
Fuente. Climate Change Informe 3 IPCC 2014

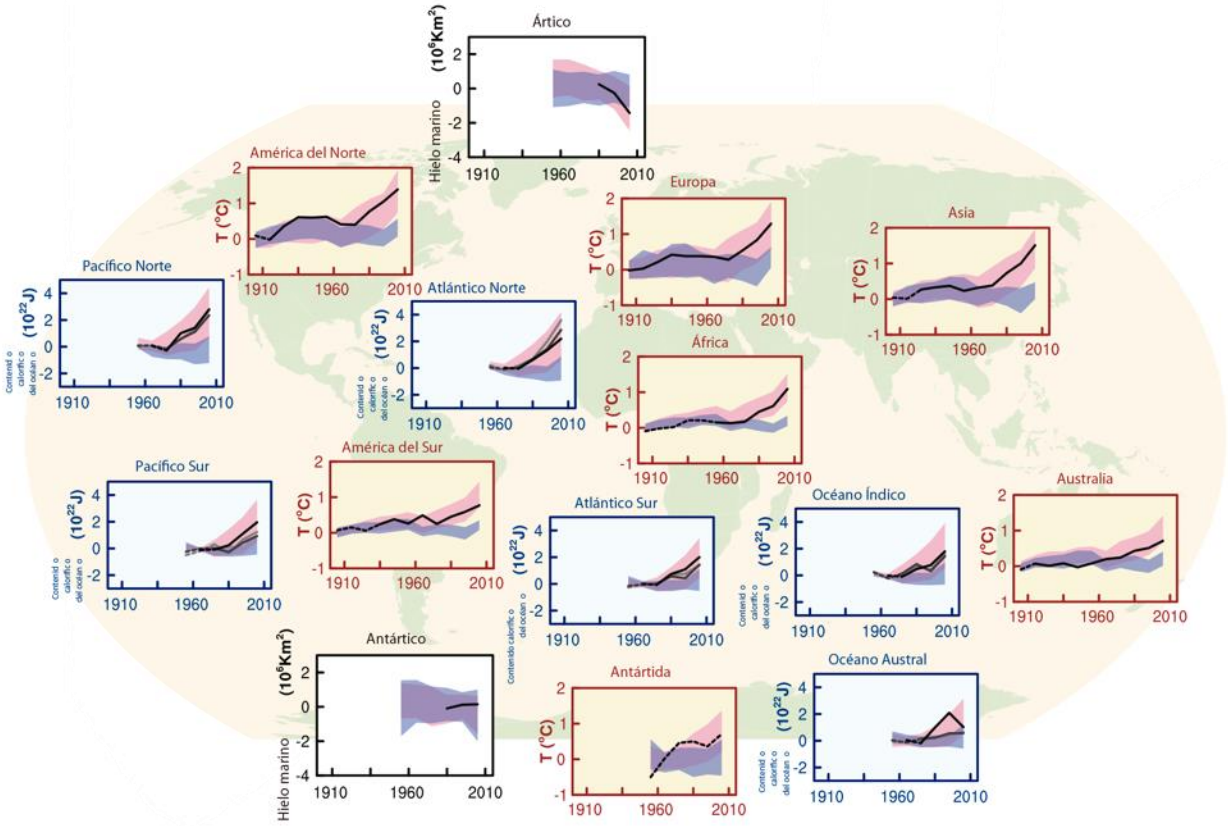


Figura RRP6: Comparación del cambio climático observado y simulado, basada en tres indicadores a gran escala en la atmósfera, la criósfera y el océano: cambio en las temperaturas del aire en la superficie terrestre continental (gráficos amarillos), extensión del hielo marino en septiembre en el Ártico 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 re ere 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; gura RT.12}

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

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

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

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

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

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

Figura 2.Cambio de la temperatura y precipitación medias, extensión del hielo marino y del pH del oceáno superficial, proyectados al 2010
Fuente. Climate Change Informe 3 IPCC 2014

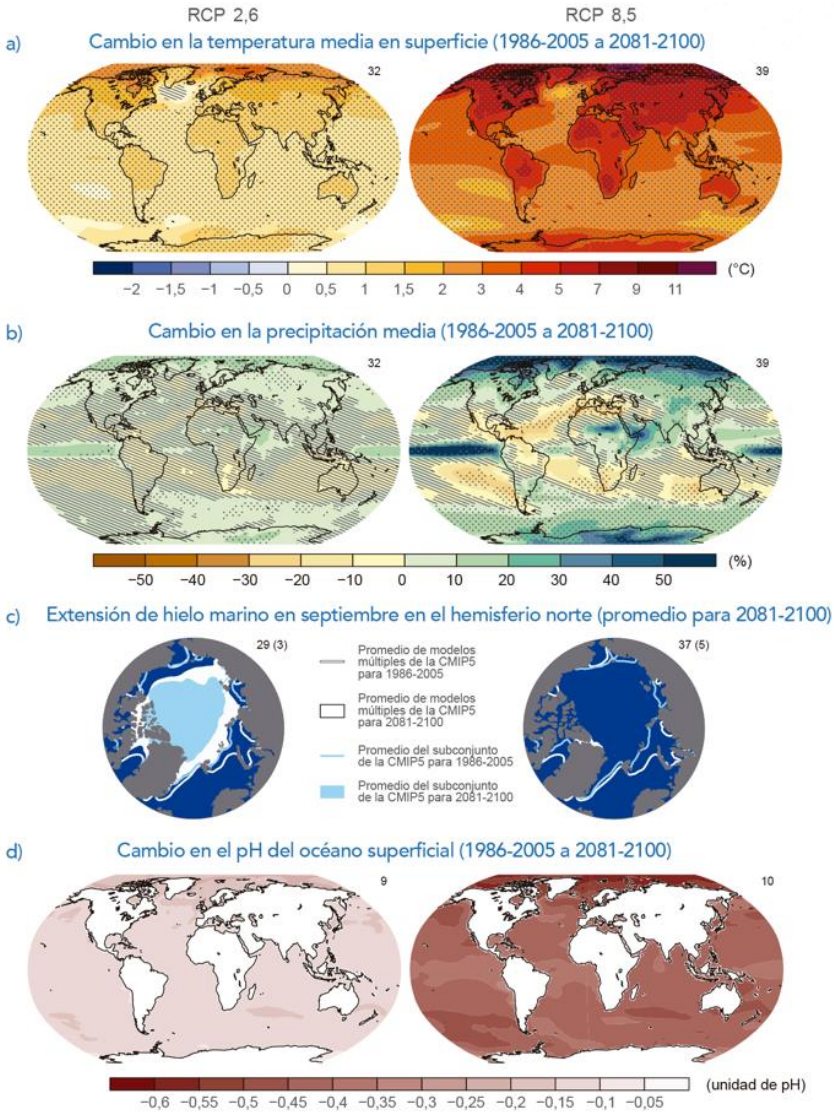


Figura RRP.8: Mapas de resultados medios de modelos múltiples de la quinta fase del Proyecto de comparación de modelos acoplados (CMIP5) de los escenarios RCP2,6 y RCP8,5, correspondientes al período 2081-2100, relativos a: a) el cambio anual en la temperatura media en super cie; b) el cambio de la media 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 rellenadas corresponden al nal 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]

1.1.2

Marco internacional para abordar el cambio climático IPCC y CMNUCC

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

El objetivo de la CMNUCC es "impedir interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático mediante la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera". Las principales respuestas para abordar el cambio climático son la mitigación y la adaptación. La Convención no enumera los GEI que se deben regular, solo hace referencia al dióxido de carbono y a otros gases de efecto invernadero (CO_2 eq).

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

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

Figura 3.Impactos generalizados atribuidos al cambio climático sobre la base de la documentación científica disponible desde el Cuarto Informe de Evaluación IPCC
Fuente. Climate Change Informe 3 IPCC 2014

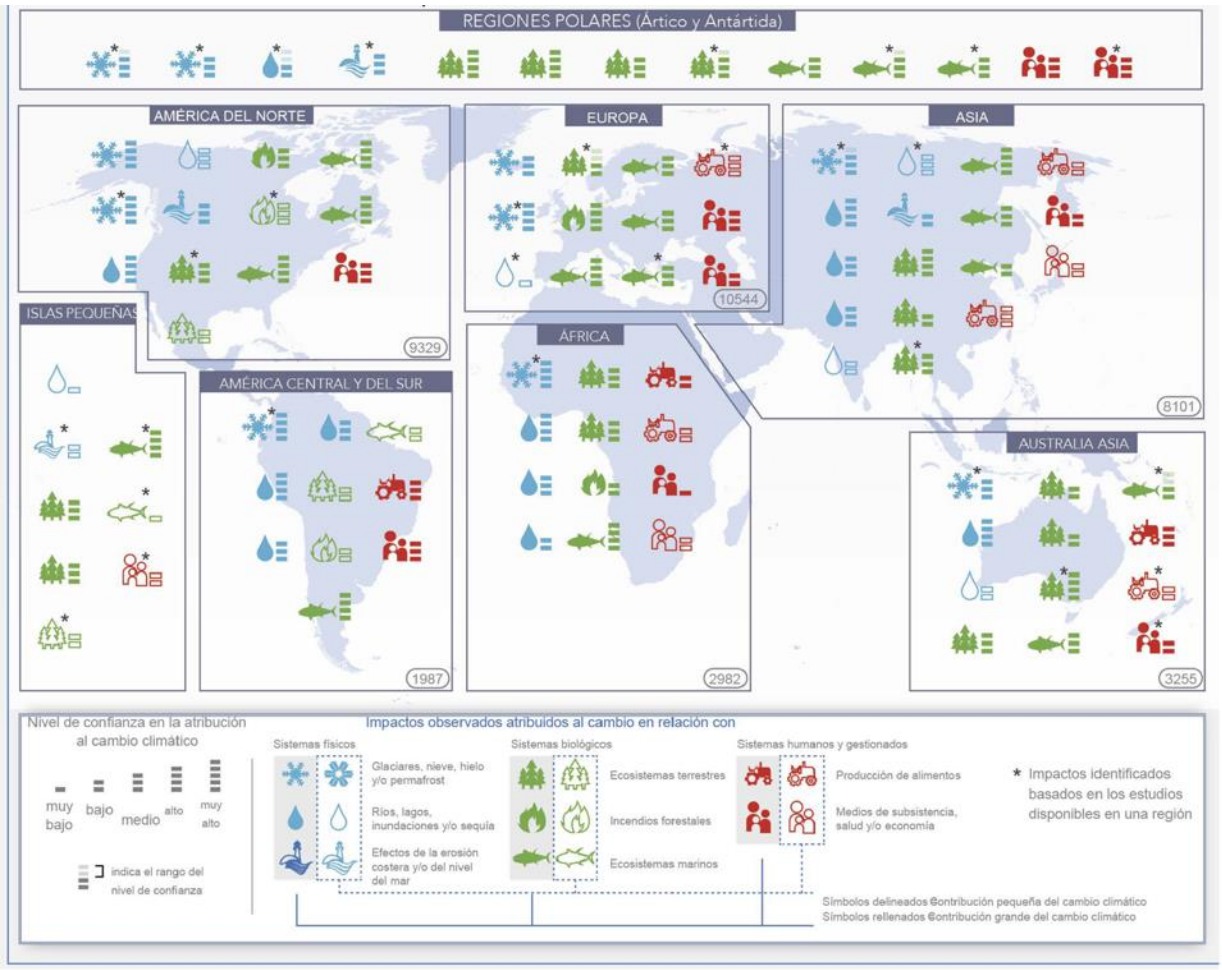
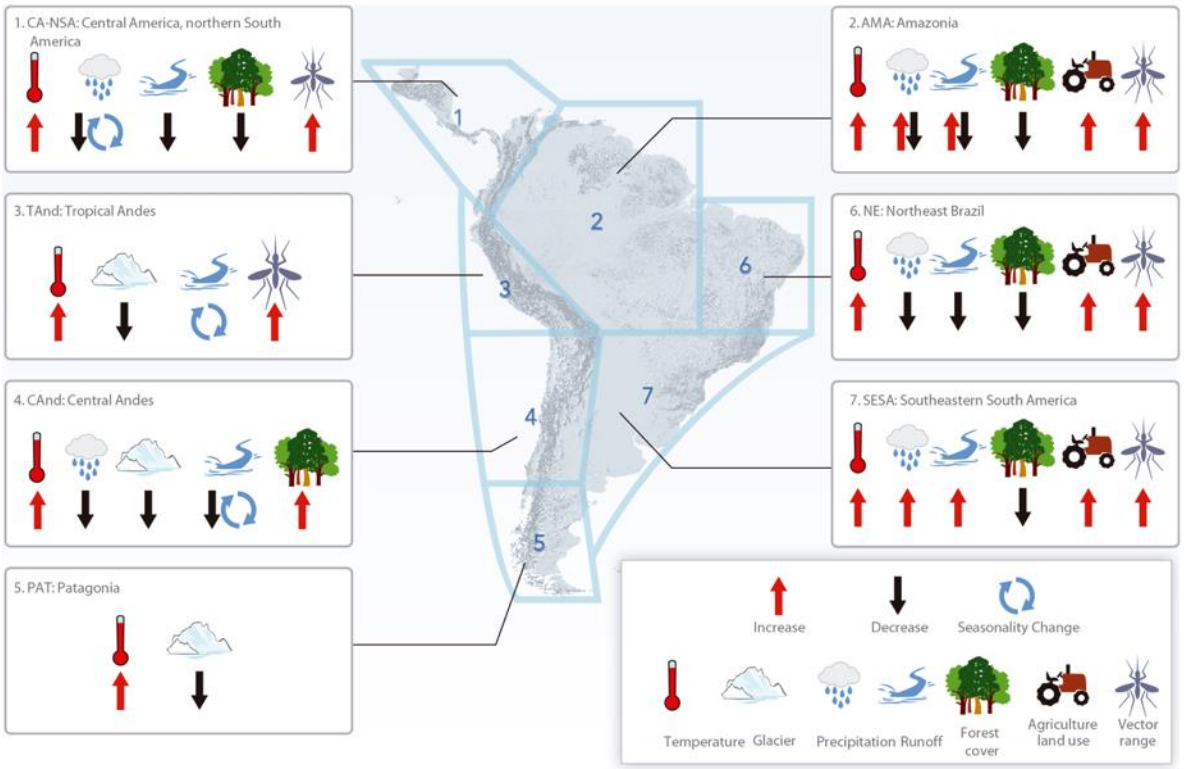


Figura RRP.4: Sobre la base de la documentación científica disponible desde el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC, hay un número sustancialmente mayor de impactos en las últimas décadas atribuidos al cambio climático. La atribución requiere evidencia científica sobre el papel del cambio climático. 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 oen las palabras clave (en julio de 2011). Estascifras 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 nidos en GTII capítulo 18. Las publicaciones incluidas en losanálisis 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. { gura 1.11}

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

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

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



La **Conferencia de las Partes (COP)** es el órgano supremo de la Convención y se encarga de supervisar su aplicación, además de cualquier instrumento legal asociado. Todas las Partes de la Convención aceptan una serie de compromisos generales. El artículo 4 enumera los compromisos que todas las Partes deben cumplir, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes, pero diferenciadas, y el carácter específico de sus prioridades nacionales y regionales de desarrollo, de sus objetivos y de sus circunstancias (CMNUCC - Manual, 2006).

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

La primera versión de la COP (COP 1) fue realizada en Berlín, en el año 1995. Posteriormente, se pueden destacar los acuerdos alcanzados en las reuniones: COP 3 "Kioto, 1997", en la que se estableció el conocido "Protocolo de Kioto"; COP 13 "Bali, 2007", de la que surgió el concepto de NAMA "Acciones de mitigación apropiadas a cada país"; COP 15 "Copenhague, 2009", que acordó la creación del Fondo Verde del Clima; COP 19 "Doha, 2012", cuando se extendió el Protocolo de Kioto hasta el 2020 y se confirmó la falta de acuerdos y compromisos de los países; COP 20 "Lima, 2014", que generó las bases de los acuerdos comprometidos en la COP 21 realizada en París, siendo ésta la ocasión en la que se alcanzó, por primera vez, un acuerdo mundial con la participación de más de 150 líderes mundiales, además de observadores y sociedad civil, denominado *"Acuerdo de París para la mitigación y adaptación al cambio climático"*.

En la siguiente figura se puede apreciar que los esfuerzos por reducir GEI, destacándose el Protocolo de Kioto del año 1997, no han tenido los resultados esperados; es más, se aprecia un incremento en las emisiones. Por ello, la importancia del éxito de los compromisos planteados en la COP 21. Además, la figura proyecta el efecto de las emisiones de CO_2 y su potencial incremento de temperaturas al 2100.

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

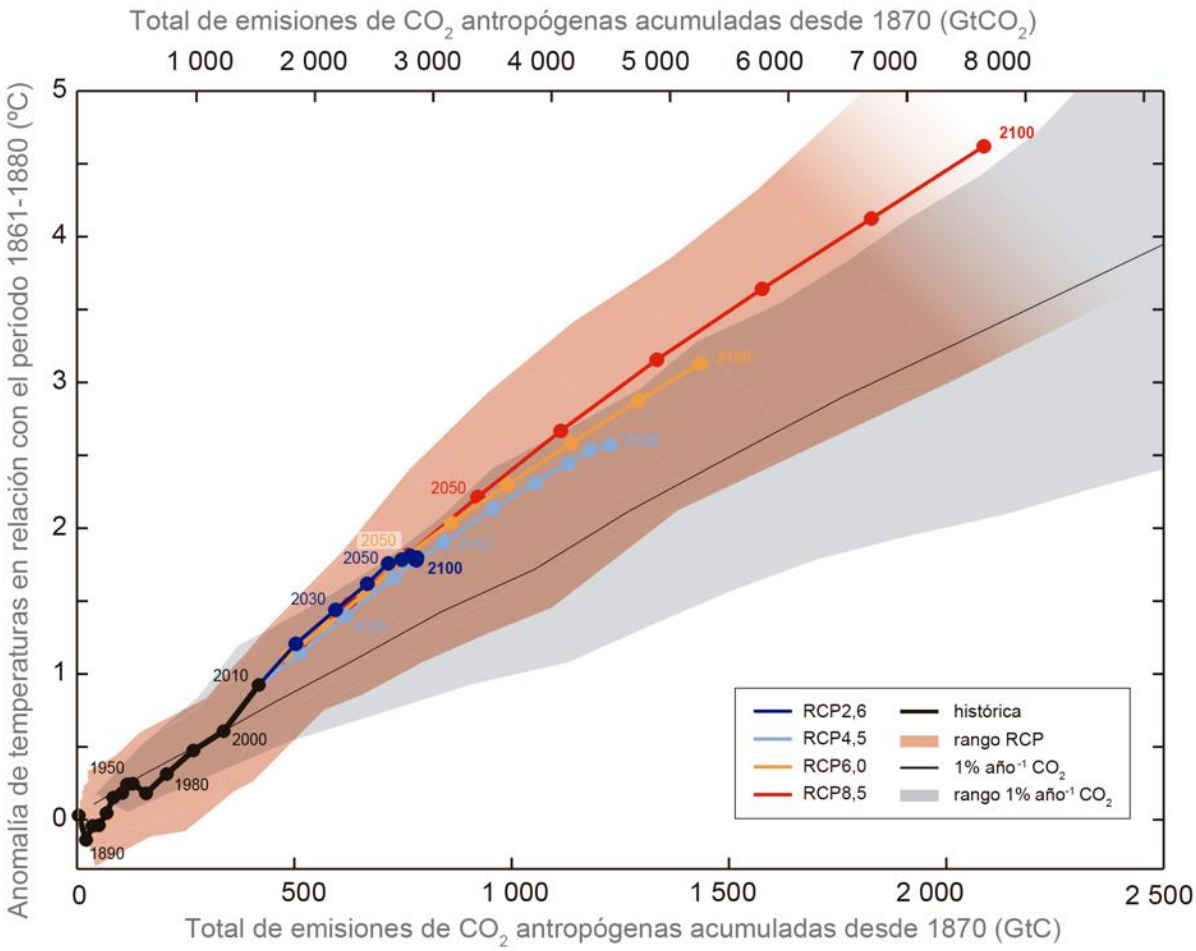


Figura RRP.10: Aumento de la temperatura media global en superficie, como función del total de las emisiones globales acumuladas de CO_2 a partir de diversas líneas de evidencia. Los resultados de modelos múltiples obtenidos de modelos del ciclo climático y del carbono, de acuerdo con un orden jerárquico 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_2 del 1% anual (simulaciones de CO_2 del 1% año-1), se muestran mediante la línea negra delgada y el área gris. Para una cantidad específica de emisiones de CO_2 acumuladas, las simulaciones de CO_2 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_2. 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 vigor el 4 de noviembre del año 2016, y fue ratificado por más de 100 países que cubren casi el 80% de emisiones de GEI. Este Acuerdo ONU es legalmente vinculante, y tiene por objetivo que los países se comprometan a mantener la temperatura media mundial "muy por debajo" de 2°C respecto a los niveles preindustriales al año 2050, para lo que se deberá reducir drásticamente las emisiones de GEI proyectadas. Lo anterior se ve reflejado en el instrumento internacional denominado "Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional" (NDC, por sus siglas en inglés), los que entrarán en vigor el año 2020 y se revisarán cada 5 años mediante un mecanismo transparente de seguimiento al cumplimiento.

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

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

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

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

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

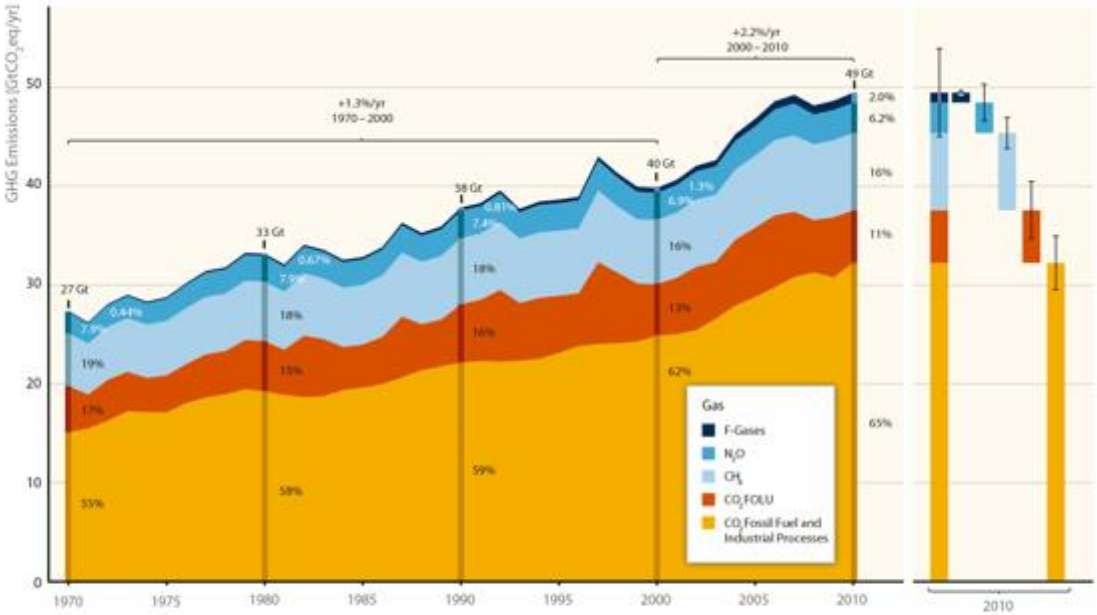


Figura RRP.2: Emisiones antropógenas anuales totales de gases de efecto invernadero (GEI) (gigatonelada de CO_2-equivalente al año, $GtCO_2$-eq/año) para el periodo comprendido entre 1970 y 2010, por gases: CO2 procedente de la quema de combustibles fósiles y procesos industriales; CO_2 procedente de la silvicultura y otros usos del suelo (FOLU); metano (CH_4); óxido nitroso (N_2O); gases fluorados abarcados en el Protocolo de Kyoto. A la derecha se muestran las emisiones de 2010, con ponderaciones de emisiones de CO_2-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_2-equivalente en el presente informe incluyen los gases citados en el Protocolo de Kyoto (CO_2, CH_4, N2O y los gases fluorados) calculados sobre la base de valores del potencial de calentamiento global con un horizonte temporal de 100 años (PCG_{100}) procedentes del Segundo Informe de Evaluación (IE_2) (véase el glosario). La utilización de valores de PCG_{100} más recientes del Quinto Informe de Evaluación (IE_5) (barras a la derecha) daría un mayor nivel de emisiones anuales totales de gases de efecto invernadero (52 $GtCO_2$-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]

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

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

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

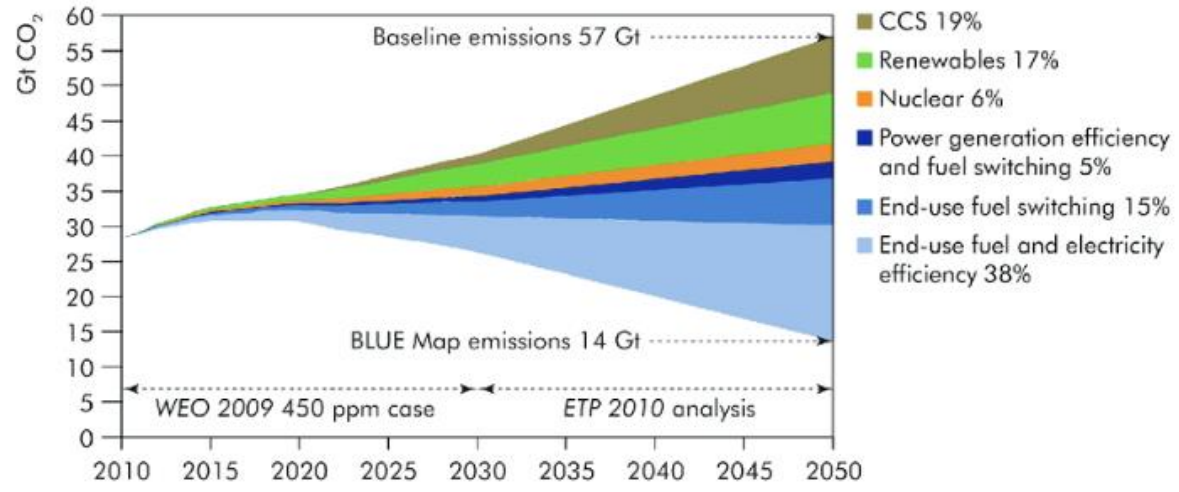
A continuación, se destacan algunos de los principales hitos derivados de los distintos acuerdos, y que, para el caso de la Industria del cemento, deben ser parte de las estrategias para la sostenibilidad de la industria.

IEA Escenarios de Mitigación de GEI para el RCP 2,6. La IEA ha modelado una serie de escenarios que detallan los esfuerzos necesarios para reducir las emisiones antropogénicas de CO_2 eq.

Por un lado, están los escenarios "ACT", que tienen por objetivo reestablecer al 2050 los niveles de emisión de CO_2 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_2 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_2 eq, como son la captura y almacenamiento de CO_2 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_2 eq (emisiones), a diferencia de uno estándar (sin la aplicación de estas tecnologías) con 57 Gt de CO_2 eq al año 2050.

En la siguiente figura se muestran las proyecciones de reducciones de CO_2 por distintas fuentes de energía.

Figura 7.Porcentaje de uso y desarrollo de tecnologías claves para reducir las emisiones de CO_2eq
Fuente. IEA



IEA Blue Map Scenario to reach 2050 Emission reduction targets [2]

De no existir una reducción radical en las emisiones de CO_2 antropogénicas, se estima un aumento de más de 5°C en la temperatura promedio. Este aumento de temperatura está asociado a alcanzar las emisiones de 57 Gt de CO_2 eq al 2050 (Figura 7). El escenario BLUE Map, en el que se alcanzan las 14 Gt de CO_2 eq en el mismo periodo, es la reducción requerida para no aumentar más de 2°C la temperatura de la Tierra y, además, es la referencia de emisiones con la cual se elaboró el Roadmap de CSI en el año 2009.

1.1.3

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

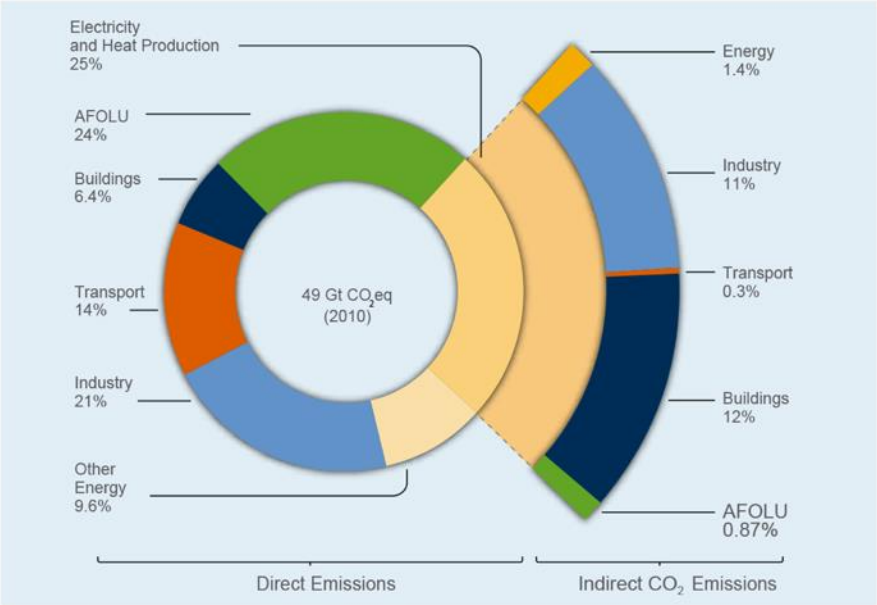
NDC "Contribuciones Nacionalmente Determinadas"

Las NDC son compromisos particulares por sector que los países presentan para reducir sus GEI al año 2030. En algunos casos se reporta específicamente a la industria del cemento con contribuciones que van desde el 2% al 6% de los GEI del país. Esta información es parte del estudio desarrollado por Factor CO_2 eq para FICEM en el año 2015, donde se pueden apreciar grandes diferencias en los aportes de los países de la región. Además, estos compromisos incluyen instrumentos de adaptación, financiación y transferencia tecnológica.

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

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

Figura 8. Emisiones de GEI por sector económico a nivel mundial
Fuente. Cimate Change Informe IPCC 2014



MDL "Mecanismos de Desarrollo Limpio"

Los MDL son metodologías para la reducción de emisiones de GEI que nacen del análisis de las mejores técnicas disponibles, y cuyo objetivo es ser replicados en distintos sectores.

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

- Sustitución de combustibles fósiles por combustibles alternativos (biomasa, por ejemplo).
- Aumentar el uso de adiciones minerales en la producción de cemento (Reducción de factor clínker).
- Reducción de emisiones de CO_2 en la producción de clínker.
- Mejorar la eficiencia energética (instalación de nuevos hornos).
- Industrialización en la construcción (downstream), mediante el reemplazo de sistemas tradicionales de mampostería cerámica con morteros de asiento a base cemento, por paneles de hormigón y terminaciones de, por ejemplo, revestimientos a base de yeso.

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

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

NAMA "Acciones nacionales de mitigación apropiadas"

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

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

En el caso de la realidad cementera latinoamericana, el estudio de Factor CO_2 eq para FICEM señala 3 NAMA, las cuales señalan el uso de herramientas de corto a mediano plazo en el desarrollo de planes de acción para la mitigación, estas son:

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

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

• **NAMA de México** para reducir emisiones GEI.

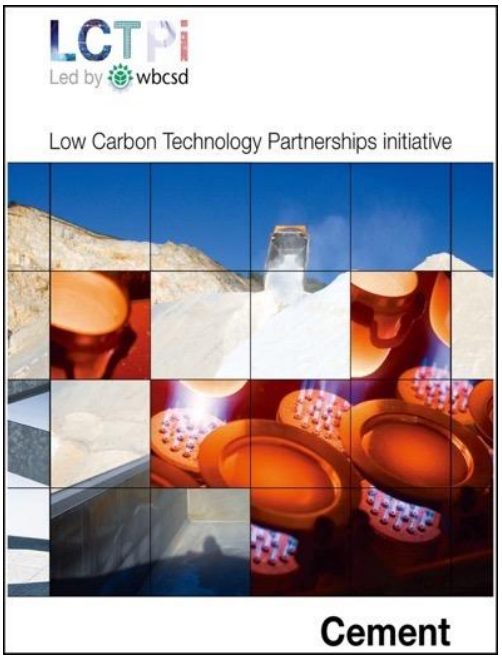
LCTPi "Low Carbon Technology Partnerships"

El LCTPi se enfocó, por un lado, en definir objetivos claros, y por otro en la implementación de los Roadmaps para el desarrollo a largo plazo de tecnologías "claves" para la reducción de emisiones. Actualmente, hay nueve áreas de enfoque en los que se trabaja para desarrollar soluciones de tecnología de bajas emisiones de carbono, entre las que se encuentran: uso de energías renovables, captura y almacenamiento de carbono, eficiencia energética en edificios, uso de combustible y transporte de bajo carbono, uso responsable de suelos, producción baja en CO_2 eq en la industria química y de cemento.

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

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

LCTPi ha reunido a más de 150 empresas globales con 70 socios para trabajar colaborativamente. Ésta es una iniciativa del Programa de Soluciones para la COP 21. Después de la COP 21, con su lanzamiento en 2015, se llevaron a cabo reuniones en Durban, San Pablo, Nueva Delhi, Nueva York, Pekín y Londres, donde los planes de acción fueron compartidos y conformados con los aportes de las partes interesadas.



1.2 Estrategia de la Industria del Cemento

1.2.1

Global Cement and Concrete Association "GCCA" e Iniciativa para la Sostenibilidad del Cemento "CSI"

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

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

La GCCA fue fundada a principios de 2018. A partir del 1 de enero de 2019, CSI fue asumida por la GCCA. Este cambio forma parte de una nueva asociación estratégica firmada entre el WBCSD y la GCCA, que tiene por objetivo facilitar el desarrollo sostenible en los sectores de cemento y concreto.

Iniciativa para la Sostenibilidad del cemento "CSI"

Durante sus casi 20 años de historia, CSI se ha centrado en definir los contenidos para una gestión responsable en la producción de cemento. Entre sus ejes de trabajo se destacan el cambio climático, el consumo de combustibles, la seguridad de los colaboradores, las emisiones en el aire, el reciclaje de hormigón y la gestión de canteras.

Además de haber desarrollado el LCTPi de la industria, CSI impulsó el proyecto "Getting the Numbers Right", más conocido como "GNR", (traducido al español, "Obteniendo los Datos Correctos") que, mediante una plataforma de datos, entrega información sobre las emisiones de CO_2 eq y la eficiencia energética de la industria cementera mundial, facilitando la comprensión de su potencial de mejora.

Basado en la iniciativa CSI, el objetivo para la industria cementera será reducir las emisiones CO_2 eq entre el 20% y 25% al 2030 a través de las siguientes acciones:

1. Aumentar la cobertura de la base de datos de CO_2 eq y uso de energía del sector, centrándose específicamente en China que representa alrededor del 60% de la producción mundial de cemento.
2. Aumentar la eficiencia energética del proceso de fabricación del cemento.
3. Ampliar la recopilación, disponibilidad y el uso de combustibles y materias primas alternativas de buena calidad, incluidos los residuos de otros sectores en un concepto de economía circular.
4. Reducir aún más el contenido de clínker en los cementos para minimizar la parte del proceso intensivo en energía.
5. Desarrollar cementos nuevos con menores requerimientos de energía y calcinación.
6. Implementar el análisis de ciclo de vida completo para edificios y proyectos de infraestructura, que permita identificar y reducir las emisiones GEI mediante soluciones basadas en el uso de cemento y productos de hormigón.
7. Evaluar iniciativas intersectoriales; en particular, la oportunidad de capturar, usar y almacenar carbono a gran escala.

1.2.2
Obteniendo los datos correctos GNR

GNR es una base de datos sobre el desempeño en emisiones de CO_2 y consumo de energía en la industria global del cemento (849 instalaciones individuales que representan el 19% de la producción mundial de cemento). Todas las compañías participantes y grupos de interés tienen acceso a reportes estandarizados; también es posible realizar y obtener solicitudes adicionales sobre temas específicos, siempre dentro de estrictos lineamientos de confidencialidad.

Los objetivos de GNR son:

- Reconocer las áreas de oportunidad y su contribución a las metas de reducción de CO_2 eq.
- Fortalecer la reputación de la industria cementera ante las autoridades.
- Ofrecer una base de datos confiable y verificable.

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

Además, la base de datos cumple con la normativa legal y es administrada por un proveedor independiente. Los participantes individuales únicamente tienen acceso a reportes elaborados a partir de los datos de su propia compañía, o de datos agregados del sector. La información confidencial de empresas o plantas no es divulgada, no puede ser consultada y está protegida por medidas de seguridad técnicas y contractuales.

En origen, las entidades - miembro de GNR fueron 24 compañías cementeras (que integran, conjuntamente, una tercera parte de la producción mundial de cemento), mancomunadas en acción conjunta con CSI. También participa la “Asociación Europea del Cemento” (CEMBUREAU), que reúne información de todas las plantas en Europa no representadas en CSI, asegurando la participación de casi todas las instalaciones productoras de cemento en esa región. Desde el año 2011, FICEM es parte de esta iniciativa, con lo que se ha logrado incluir las empresas que operan en Latinoamérica que no pertenecen a CSI. Desde el año 2019, GNR es parte de la GCCA.

En la Tabla 1 se muestra el nivel de cobertura por región, destacando Europa y Norteamérica con el 90% y 77%, respectivamente. En el caso de Latinoamérica, se encuentra muy por sobre el promedio global, con una cobertura cercana al 71%, pero con una brecha importante que cubrir para aumentar la representatividad del GNR y así poder proyectar los reales potenciales de reducción de CO_2 eq de la región.

A la base de datos del año 2012, se aplicó la versión 3 del CSI "Protocolo de CO_2 y energía: Norma de Contabilidad e Informe de CO_2 para la Industria del Cemento" (publicada en el año 2011), cuyos nuevos índices incluyen datos sobre el uso de electricidad en la fabricación de clínker y en la generación de electricidad usando calor residual.

Tabla 1. Cobertura del Proyecto GNR por región
Fuente. Iniciativa para la Sostenibilidad del Cemento

COBERTURA DEL PROYECTO GNR POR REGIÓN				
Región	Número Plantas	Producción Cemento Reportada en GNR (millones de toneladas)	Total Producción de Cemento Región (millones de toneladas)	Cobertura (%)
Mundial	***849***	***809***	***4174***	***19%***
Africa	*73*	*78*	*229*	*34%*
Asia (sin China) + Oceania	*64*	*108*	*333*	*33%*
China + Corea + Japón	*39*	*59*	*2518*	*2%*
Medio Oriente	*34*	*39*	*254*	*15%*
Europa	*279*	*164*	*181*	*90%*
Norteamérica	*91*	*75*	*97*	*77%*
Latinomérica	*153*	*123*	*174*	*71%*
Centroamérica	*49*	*49*	*59*	*83%*
Sudamérica ex. Brazil	*48*	*36*	*59*	*61%*

1.2.3
LCTPi Cemento

La necesidad de que la producción de cemento cuente con una estrategia de acción climática propia radica en que su nivel de emisiones es relevante, alcanzando cerca del 5% de las emisiones totales de GEI. La Figura 9 muestra las emisiones de la industria del cemento en comparación con las emisiones de los combustibles fósiles. La Figura 10 muestra una comparación de emisiones conjunta de combustibles fósiles y cemento, con otras fuentes de emisiones antropogénicas.

Figura 9. Emisiones anuales de CO_2 antropógeno y su distribución

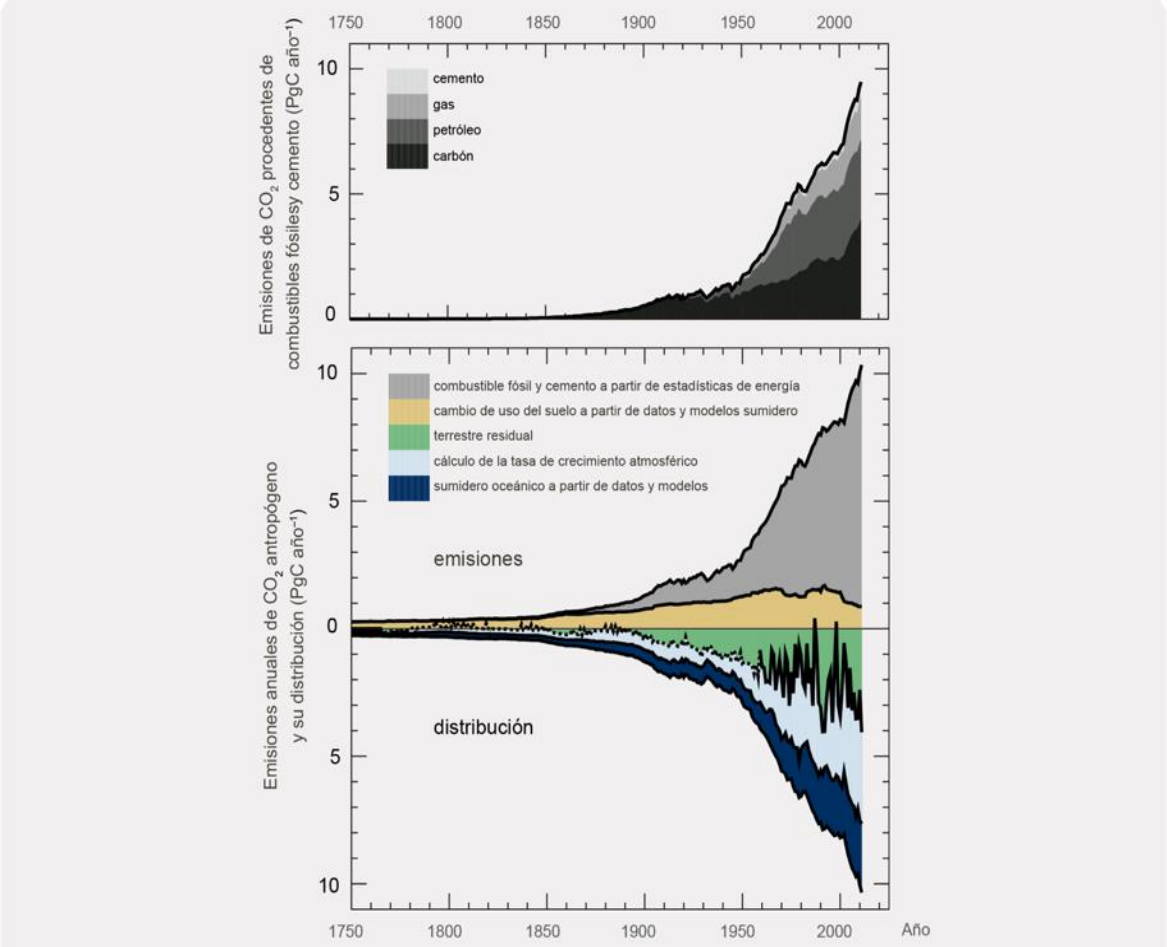
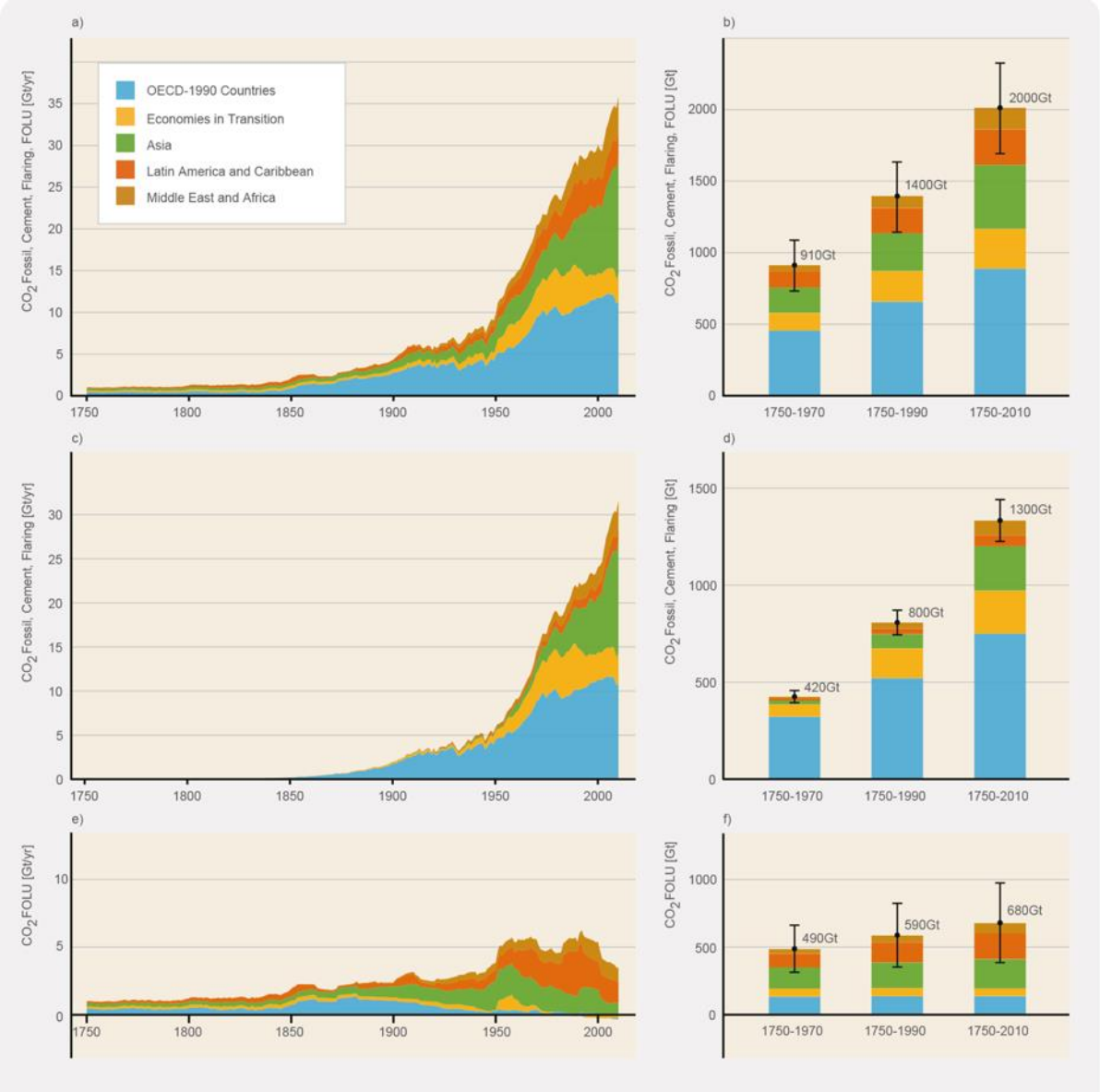


Figura 10. Emisiones antropogénicas históricas de CO_2



1.3 Technology Roadmap CSI - 2018

1.3.1 Roadmap: "Transición a una industria del cemento baja en carbono"

Durante el año 2018, CSI publicó el "Technology Roadmap de CSI: Transición a una Industria del cemento baja en carbono", siendo éste una actualización al Roadmap publicado el año 2009.

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

De acuerdo con el Escenario tecnológico (RTS) de la IEA, es esperable que las emisiones directas de CO_2 de la industria del cemento aumenten un 4% a nivel mundial para el año 2050, a pesar del aumento del 12% en la producción mundial de cemento en el mismo periodo.

Considerando el aumento esperado en la producción mundial de cemento, es importante tener presente que una transición sostenible al Escenario 2DS (2°C) implica una reducción significativa (24%) de las emisiones directas mundiales de CO_2 en la fabricación de cemento para el año 2050, en comparación con los niveles actuales. Esto significa reducciones acumuladas de emisiones de 7,7 $GtCO_2$ en comparación con el RTS para el año 2050, alcanzando 1,7 $GtCO_2$, lo que equivale al 90% del total mundial actual de las emisiones industriales directas de CO_2.

Implementar esta visión requiere un desarrollo progresivo y el desarrollo de ejes de reducción de emisiones de CO_2, políticas de apoyo, colaboración público-privada, mecanismos de financiamiento y aceptación social.

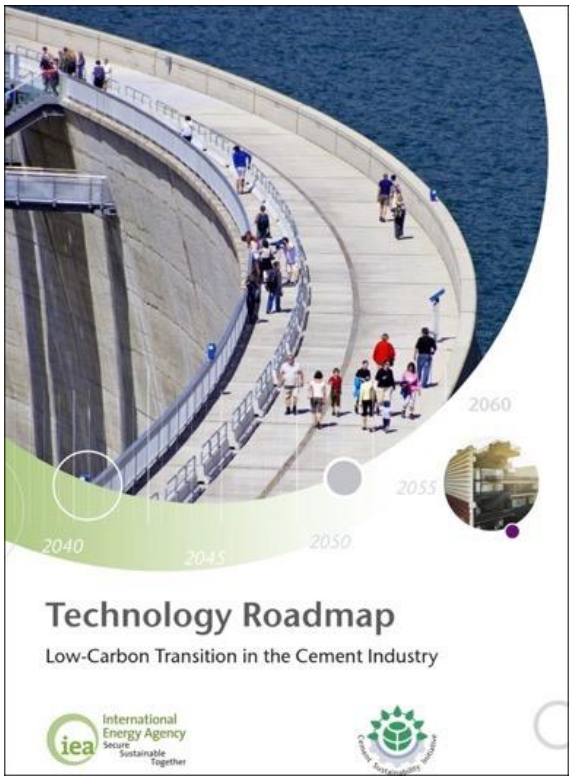
Mejorar la eficiencia energética, cambiar a combustibles alternativos (combustibles menos intensivos en carbono), reducir la relación de clínker a cemento e integrar la captura de carbono en la producción de cemento, son los principales ejes de mitigación de carbono que apoyan la sostenibilidad de la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

La integración de tecnologías emergentes e innovadoras, como la captura de carbono y la reducción del contenido de clínker en el cemento, son consideradas para proporcionar las mayores reducciones acumuladas de emisiones de CO_2 en el 2DS, en comparación con el RTS, para el año 2050, con un 48% y un 37% de contribución respectivamente. El resto de la reducción se produce al cambiar a combustibles con un bajo contenido de carbono y, en menor medida, a través de mayor eficiencia energética.

Cabe destacar que los potenciales de reducción del Roadmap 2009, actualizado el año 2018, se han basado en los Papers desarrollados por la ECRA para CSI. Dichos papers describen las tecnologías existentes y potenciales, y cómo pueden ayudar a la industria a reducir a la mitad las emisiones mundiales de CO_2 en todas las áreas de los negocios y la sociedad.

El potencial de reducción de CO_2 en la producción de cemento se basa en cuatro ejes (los mismos que se han manejado hasta la fecha), pero además se incluye un nuevo punto para ser revisado: las Materias Aglomerantes Alternativas.

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



1.3.2

Ejes de Reducción

En el Roadmap CSI se analizan los ejes de reducción de emisión de CO_2, los cuales se basan en las tecnologías investigadas por la ECRA, documento publicado en el año 2009 y actualizado el 2017. Los ejes tienen por objetivo apoyar las estrategias de las distintas Hojas de Ruta del cemento para el logro de su transición hacia una economía baja en carbono. Estos son:

EJE 1

Eficiencia energética y térmica

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

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

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

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

Otros **ejes de reducción de emisiones de CO_2** pueden ser correlacionados con la eficiencia energética. Por ejemplo, un mayor uso de combustibles alternativos generalmente aumenta el consumo específico de energía debido a un mayor requerimiento de aire y contenido de humedad.

Las tecnologías actuales son lo suficientemente maduras como para permitir la recuperación del exceso de calor y su utilización en mejoras de la eficiencia energética. Por lo tanto, las emisiones totales de CO_2 más bajas a través de un mayor uso de combustibles alternativos superan la desventaja de un mayor consumo de energía específico.

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

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

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

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

EJE 2

Combustibles alternativos

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

Existen varias barreras para aumentar el uso de combustibles alternativos en la industria del cemento. La legislación de gestión de residuos afecta significativamente la disponibilidad. La mayor sustitución de combustibles solo tiene lugar si la legislación de residuos locales o regionales promueve la recuperación de energía en hornos de cemento en lugar de vertederos (u otros métodos de tratamiento térmico menos eficientes) y, por otro lado, si permite la recolección y tratamiento de residuos para la obtención de un combustible alternativo.

Las redes locales de recolección de residuos deben ser adecuadas.

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

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

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

EJE 3

Sustitución de Clínker

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

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

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

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

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

La necesidad de evaluar continuamente sus propiedades a escala global es imperativa, teniendo en cuenta la naturaleza variable de la mayoría de las adiciones minerales que se emplean para la fabricación de cemento. Se debe dar prioridad a la determinación de su huella ambiental (incluido el CO_2), además de su efecto sobre la resistencia y durabilidad del cemento y el hormigón. Estos estudios deben tener una visión holística al considerar las necesidades específicas relacionadas con la construcción.

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

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

EJE 4

Captura, uso y almacenamiento de CO_2

Desafíos a la implementación

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

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

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

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

Captura de CO_2 y Almacenamiento (CCS): las políticas efectivas que proporcionan un incentivo económico para reducir la huella de carbono en la producción de cemento, y respaldan la cooperación público-privada intersectorial, la identificación de ubicaciones y diseños óptimos para las infraestructuras de transporte y almacenamiento de CO_2, así como también la integración técnica de las tecnologías de captura de carbono demostradas en escala industrial y comercial, son el principal desafío para el desarrollo de CCS en el mercado.

Altos costos estimados para la captura de CO_2 en comparación con el costo específico de la producción de cemento. Sin embargo, se espera que el costo de la captura de carbono disminuya en el futuro debido al progreso técnico y científico. La conciencia pública de CCS aún es baja, y el público ha formado opiniones poco firmes sobre CCS y su papel para mitigar el cambio climático, excepto en algunos países europeos.

Captura de CO_2 y su utilización (CCU): los obstáculos comerciales impiden que las vías de utilización de CO_2 nuevas y emergentes avancen rápidamente, y alcancen madurez de laboratorio a mercado, más allá de las limitaciones técnicas. Esto se debe en parte a los bajos costos de los combustibles alternativos y, a menudo, a la dependencia de una gran cantidad de electricidad en base a fuentes renovables. Lograr la generación de hidrógeno con cero emisiones de carbono garantizaría la reducción de las emisiones de CO_2 en esos casos.

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

Necesidades y objetivos de I+D: la investigación continua en tecnologías de captura de carbono podría conducir a sistemas más optimizados, con costos de inversión e intensidades energéticas reducidas. Los desafíos técnicos y de innovación para la utilización de CO_2 se centran en aumentar la eficiencia de los procesos químicos y la innovación para nuevas vías de utilización de CO_2. La investigación intensificada, mejores catalizadores y diseños de procesos traerán mayores niveles de eficiencia, menores costos y menor consumo de material o producción de desechos.

Las formas nuevas e innovadoras de usar CO_2 y el uso de CO_2 no purificado pueden hacer que sean posibles más aplicaciones. Los desafíos para la mineralización son la reducción de los costos de procesamiento y la ampliación de la gama de materiales (de desecho) que pueden usarse como insumo (Sandalow et al., 2017). La investigación se debe llevar a cabo a través de proyectos colaborativos en diferentes sectores industriales, emisores, transformadores (por ejemplo, industria química) y usuarios finales.

El transporte es el vínculo crucial entre las fuentes de emisiones de CO_2 y los sitios de almacenamiento. En la mayoría de los países, no se presta suficiente atención a las necesidades de tecnología e infraestructura. El transporte por tuberías presenta diferentes desafíos regulatorios, de acceso y de desarrollo en diferentes regiones. La magnitud, complejidad y distribución geográfica de los canales integrados de transporte de CCS requieren evaluaciones específicas de cada región. También se necesita más investigación para comprender mejor la disponibilidad de almacenamiento a nivel mundial. Los hornos de cemento generalmente se encuentran cerca de grandes canteras de piedra caliza, que pueden no estar cerca de los sitios adecuados de almacenamiento de CO_2. También es probable que los clusters de CCS se vean influenciados por su proximidad a fuentes de CO_2 mucho más grandes, como las centrales eléctricas de carbón.

EJE 5

Materiales aglomerantes alternativos

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

Los aglomerantes hidráulicos alternativos que, en teoría, arrojan un mayor ahorro de CO_2, a menudo están relacionados con mayores costos de producción, restricciones en la disponibilidad de estas materias primas alternativas y limitaciones de la aplicación en el mercado, o están en etapas tempranas de desarrollo. Estas circunstancias hacen que sea prematuro realizar una evaluación técnico-económica sobre las tecnologías y las vías de menor costo para la producción de cemento.

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

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

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

El impacto de los cinco ejes señalados en la reducción de las emisiones de CO_2 no siempre es acumulativo, ya que pueden afectar de forma individual el potencial de reducción de emisiones de otras opciones.

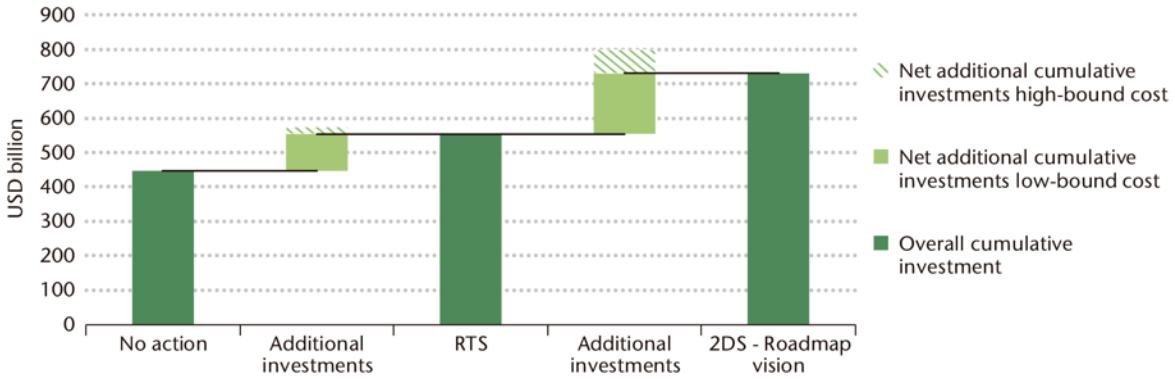
Por ejemplo, el uso de combustibles alternativos generalmente requiere mayor energía térmica específica y electricidad debido al mayor contenido de humedad en los combustibles fósiles. Esto significa que el funcionamiento del horno tendrá mayores niveles de aire en comparación con los combustibles fósiles convencionales y el pretratamiento de combustibles alternativos. La integración del equipo de captura de carbono normalmente aumenta la intensidad energética de la fabricación de cemento, ya que se necesita energía adicional para operar los procesos de separación y manipulación de CO_2.

1.3.3
Requisitos de inversión y apoyo financiero

Los costos acumulativos netos adicionales de inversión para implementar esta visión del Roadmap CSI, en comparación con el RTS (Figura 11), se estiman en el orden de entre USD 176 mil millones y USD 244 mil millones. Estas estimaciones se basan en un examen de sensibilidad de límites bajo y alto de los costos de inversión de tecnología específica para hacer frente a la inherente incertidumbre de evaluar tecnologías que aún no han alcanzado la madurez comercial. La discusión de inversión se centra en el caso de baja variabilidad, como el caso de referencia de este Roadmap.

El RTS ya integra cambios considerables en términos de ahorro de energía y emisiones de CO_2 en la industria del cemento, en respuesta a políticas y promesas anunciadas e implementadas. Por ejemplo, la intensidad de la energía térmica del clínker se reduce en un 8% y la intensidad de electricidad del cemento es reducida en un 9% para el año 2050, por debajo de los niveles actuales en el RTS global. La contribución de los combustibles fósiles en el mix global de fuentes de energía térmica para la producción de clínker disminuiría en un 12% en el mismo periodo. El contenido de clínker en los cementos se mantiene estable en el tiempo, a pesar de la caída en la producción de cemento chino a nivel mundial. El RTS considera que las pruebas piloto y estudios de factibilidad de tecnologías de integración de captura de carbono en la industria del cemento se traducirían en un modesto desarrollo a largo plazo, con emisiones capturadas de carbono que representan el 3% del total generado de emisiones de CO_2 en el sector cemento hacia el año 2050. Por lo tanto, las inversiones acumuladas y adicionales que se estiman necesarias en el marco de esta visión aumentarían entre USD 283 mil millones y USD 371 mil millones si la huella actual de las emisiones de energía y carbono de la fabricación de cemento se mantiene sin cambios a nivel mundial.

Figura 11. Necesidades acumulativas de inversión por escenario para 2050
Fuente. Roadmap CSI, 2018



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

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

1.3.4
Principales acciones del Roadmap CSI 2018

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

Eficiencia energética

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

Cambio a combustibles y materias primas alternativas

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

Factor Clínker

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

Tecnologías emergentes e innovadoras

- Mitigar los riesgos a través de mecanismos de inversión que aprovechen el financiamiento privado para tecnologías innovadoras con emisiones bajas de carbono, y a través de la promoción de asociaciones público-privadas.
- Alcanzar la demostración a escala comercial de la tecnología de oxicombustión para la captura de carbono en la producción de clínker, y obtener experiencia en el funcionamiento a gran escala de tecnologías de postcombustión.
- Coordinar la identificación y demostración de las redes de transporte de CO_2 a nivel regional, nacional e internacional, para optimizar el desarrollo de la infraestructura.
- Cooperación internacional para armonizar los enfoques relativos a la selección segura de los sitios de operación, mantenimiento, monitoreo y verificación del almacenamiento permanente de CO_2.
- Desarrollar marcos regulatorios para CCS, coordinados internacionalmente, además de comunicar y capacitar al público y las partes interesadas “clave” sobre almacenamiento de carbono para alcanzar su aceptación social.
- Compensar las inversiones en fuentes de energía “limpias” y lograr mayor flexibilidad en las redes energéticas locales a través de, por ejemplo, incentivos fiscales para el uso de tecnologías que permitan la recuperación del calor en exceso.

Aglomerantes hidráulicos alternativos

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

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

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

En la siguiente tabla se señalan las proyecciones al año 2030, 2040 y 2050 de los principales indicadores relacionados a la industria global del cemento: producción de cemento y clínker, eficiencia energética, coprocesamiento, factor clínker y la intensidad de emisiones de CO_2 asociada.

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

Indicadores de la Industria Global del Cemento -Roadmap CSI 2018 -	Visión Roadmap CSI 2018 Caso de baja Variabilidad		
	2030	2040	2050
Producción Cemento (Mt/año)	*4250*	*4429*	*4682*
Factor Clinker a Cemento	*0,64*	*0,63*	*0,60*
Intensidad de Energia Térmica del Clinker (Gj/t clinker)	*3,3*	*3,2*	*3,1*
Intensidad de Electricidad del Cemento (GkWh/t cement)	*87*	*83*	*79*
Uso de Combustibles Alternativos (Porcentaje de consumo de energía térmica)	*17,5*	*25,1*	*30,0*
Intensidad Directa de CO2 en el Proceso del cemento (tCO2/t cement)	*0,33*	*0,30*	*0,24*
Intensidad de Energia Directa de CO2 en el Proceso de cemento (tCO2/t cement)	*0,19*	*0,16*	*0,13*
Total Intensidad Directa de CO2 en el cemento (tCO2/t cement)	***0,52***	***0,46***	***0,37***

1.4 Papers ECRA 2017

En el año 2017, CSI decidió iniciar un proyecto junto con la ECRA para actualizar la perspectiva de las tecnologías disponibles para la reducción del CO_2 y la eficiencia energética en el sector del cemento. Esta decisión fue tomada a la luz de la discusión y ratificación del Acuerdo de París de la CMNUCC. Además, esta actualización se realizó con el propósito de incorporar información sobre materiales alternativos y uso de combustible en la industria del cemento, y para formar una nueva base para el proyecto de modelado de perspectiva de tecnología energética (ETP) de la IEA.

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

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

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

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

Estos documentos representan una visión global de los principales ejes en la reducción de CO_2 en la producción de cemento, además de sus oportunidades y barreras para su implementación.

Los ejes de reducción identificados son:

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

Papers ECRA: Tecnologías para la reducción de CO_2

Los 52 documentos conocidos como *Papers Tecnológicos* son aplicaciones específicas para la reducción de CO_2, incluyendo tecnologías en uso e innovaciones desafiantes para su aplicación futura en la producción de cemento.

Eficiencia Energética: Papers 1 al 12

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

Combustibles Alternativos: Papers 13 al 17

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

Eficiencia Eléctrica: Papers 18 al 30

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

Eficiencia Eléctrica: Papers 31 al 37

31. Reducción adicional del contenido de clínker en cemento mediante uso de escorias granuladas de alto horno.
32. Cementos y hormigón de alto desempeño que reducen el CO_2.
33. Impacto del factor de saturación de cal muy alto/ muy bajo.
34. Reducción adicional del contenido de clínker en el cemento mediante el uso de ceniza volante.
35. Reducción adicional del contenido de clínker en el cemento mediante el uso de puzolanas naturales.
36. Reducción adicional del contenido de clínker en el cemento mediante el uso de puzolanas (arcillas) naturales calcinadas.
37. Reducción adicional del contenido de clínker en el cemento mediante el uso de otros materiales.

Nuevas Materias Primas: Papers 37 al 42

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

Captura de carbón, almacenaje y uso: Papers 43 al 52

43. Tecnología de oxicombustible.
44. Captura postcombustión usando tecnologías de absorción.
45. Captura post - combustión usando procesos de membrana.
46. Captura post - combustión usando solid sorbents: Mineral carbonation.
47. Captura postcombustión utilizando sorbentes sólidos: Carbonatación mineral.
48. Uso de CO_2: Productos químicos básicos, urea, ácido fórmico, polímeros.
49. Uso de CO_2: Energía a gas (Metano: CH_4).
50. Uso de CO_2: Energía a líquidos (Metanol: CH_3OH).
51. Uso de CO_2: Recuperación mejorada de petróleo.
52. Uso de CO_2: Captura en algas y producción de combustible, biocombustibles

FICEM publicó un artículo de Tecnología e Innovación para la Reducción de CO_2 en la Industria del Cemento basado en los Papers ECRA 2017. En este artículo se realizan las adecuaciones a la realidad de Latinoamérica a fin de su implementación. Además, se incorpora un módulo para una lectura íntegra de los distintos aportes de estas tecnologías bajas en carbono.

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

2

Medición Reporte y Verificación

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

Un MRV, al generar información comparable y transparente, ayuda a los países, organizaciones, empresas y partes interesadas a entender las fuentes y las tendencias de emisiones, facilita el intercambio de esta información y de las buenas prácticas, y entrega y mejora el sustento para tomar otras medidas de política ambiental, tales como exenciones tributarias, apoyo financiero, normas de emisión, legislación de Responsabilidad Extendida del Productor en residuos, impuestos verdes, entre otras.

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

2.1 Sistemas de medición, reporte y verificación

2.1.1 Acuerdo de París y MRV

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

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

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

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

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

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

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

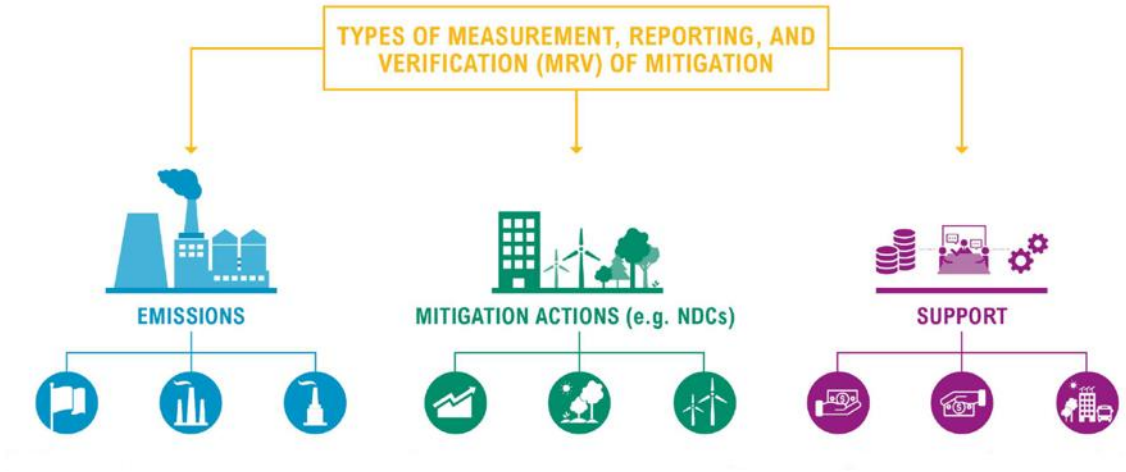
A la fecha no existe un sistema único de MRV derivado del Acuerdo de Paris, y se cuenta solo con los criterios básicos y referencias para la elaboración de éstos por parte de los gobiernos, sectores económicos y otros grupos de interés.

2.1.2

MRV 101
Understanding Measurement, Reporting, and Verification of Climate Change Mitigation

En agosto del año 2016, el World Resources Institute (WRI) publicó un documento denominado *"MRV 101: Understanding Measurement, Reporting, and Verification of Climate Change Mitigation"*, documento que examina el concepto MRV e identifica tres tipos de MRV relacionados con la mitigación, los cuales son:

Figura 12.Varios tipos de MRV relacionados con la mitigación: emisiones, acciones de mitigación y apoyo
Fuente. MRV WRI



MRV de emisiones de GEI

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

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

Éstos se informan en un inventario nacional de GEI categorizados en cuatro sectores económicos principales: 1) energía; 2) procesos industriales y uso de productos; 3) agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra; 4) residuos. A nivel de organizaciones, el MRV de las emisiones de GEI implica construir un inventario de emisiones totales y datos de todas las fuentes (incluidas las estacionarias y fuentes móviles, y proceso y emisiones fugitivas) dentro de los límites de la organización. Por último, a nivel de instalaciones industriales, el MRV de las emisiones de GEI implica evaluar el total de emisiones y absorciones de GEI de todas las fuentes dentro de una única instalación (por ejemplo, planta de energía, fábrica o sitio de eliminación de residuos).

MRV de acciones de Mitigación

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

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

MRV de soporte

Se refiere al financiamiento para la transferencia de tecnología y/o el desarrollo de capacidades. Incluye respaldo monetario, como financiamiento para desarrollar un sistema nacional de comercio de emisiones transables, inversiones en tecnologías de bajas emisiones y fondos para la organización de talleres de capacitación para auditores de energía. La definición de apoyo también incluye apoyo no monetario, como asesoramiento técnico para diseñar normas nacionales de eficiencia energética o esquemas de etiquetado.

2.1.3

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

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

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

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

En particular, los valores por defecto de los diversos parámetros y factores de emisión necesarios son provistos para todos los sectores, de modo que un país debe suministrar únicamente los datos de la actividad nacional. El método también permite que los países que disponen de más información y recursos utilicen metodologías más detalladas y específicas, a la vez que se conserva la compatibilidad, comparabilidad y coherencia entre los diferentes países. Las directrices definen como buena práctica la elección de la metodología de cuantificación más apropiada según las circunstancias nacionales.

Estas metodologías se agrupan en 3 niveles:

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

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

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

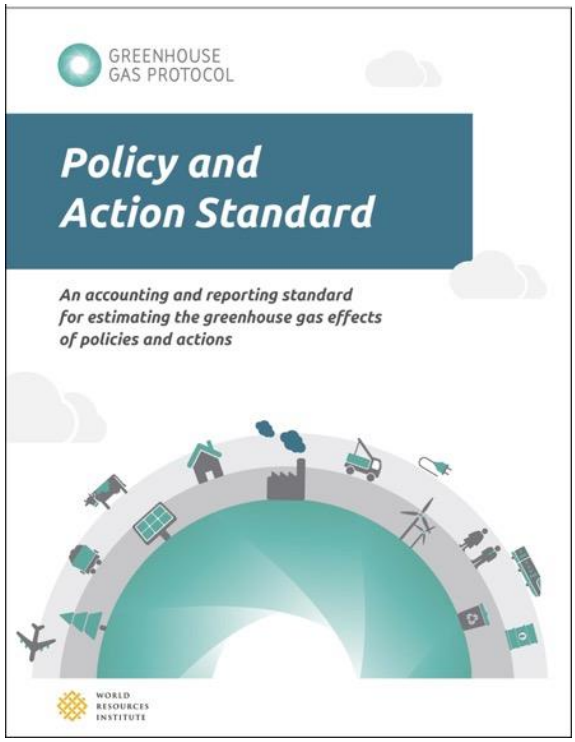
2.1.4 Protocolo GHGP

El "Protocolo de Gases de Efecto Invernadero" (GHGP, por sus siglas en inglés) es el protocolo internacional más usado para los MRV, debido a que fue la primera iniciativa orientada a la contabilización de emisiones para entender, cuantificar y gestionar las emisiones de GEI.

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

Estas herramientas permiten:

- Preparar inventarios de GEI, reduciendo los costos que significa dicho proceso. Ofrece información para planear estrategias de gestión y reducción de emisiones de GEI, así como también para facilitar la transparencia en el sistema de contabilización.
- Medir las emisiones de GEI directas e indirectas. Las emisiones indirectas se refieren a aquéllas por las que una empresa se responsabiliza a pesar de que provienen de una fuente no localizada en el interior de sus establecimientos, tales como las emisiones relativas a los bienes adquiridos y los servicios, el transporte y la distribución, y uso de los productos vendidos.
- Utiliza una visión intersectorial.



2.2
MRV industria del cemento

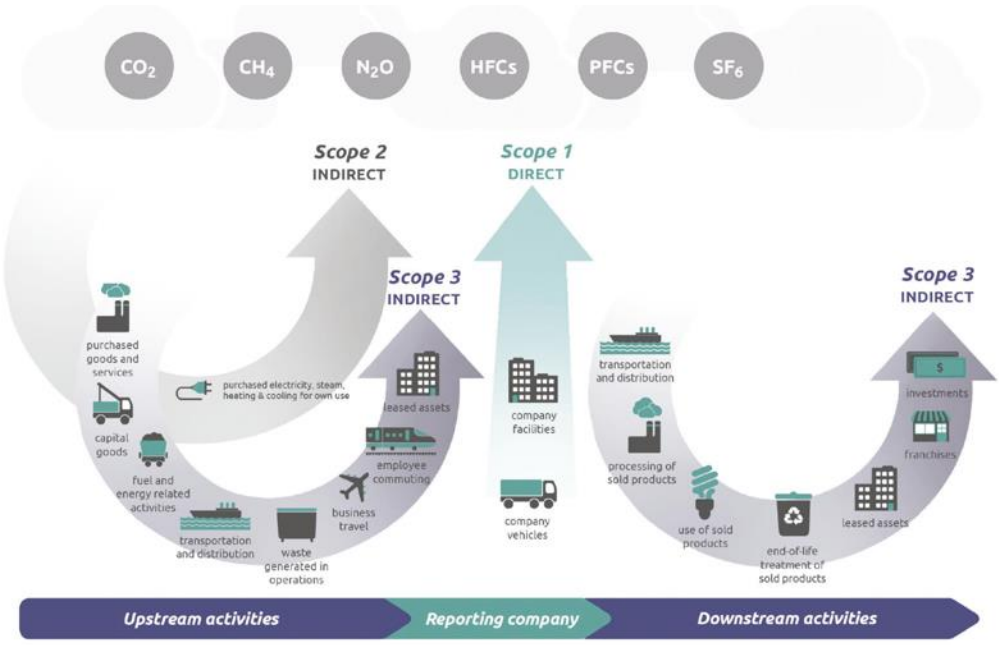
2.2.1
Emisiones de CO_2 asociadas a la producción de cemento (Alcances 1, 2 y 3)

Conocer las emisiones totales de GEI en la industria del cemento se relaciona, casi exclusivamente, a sus emisiones de CO_2. Debido a lo anterior, los protocolos asociados se focalizan en este tipo de emisiones, por lo que los términos CO_2 o CO_2 eq pueden ser usados indistintamente.

Para medir el CO_2 asociado al cemento se han determinado tres alcances: Alcance 1 (emisiones directas de la producción de cemento y de las actividades mineras bajo el control de la cementera), Alcance 2 (consumo de energía eléctrica), y Alcance 3 (emisiones indirectas upstream y downstream, como son, por ejemplo: las actividades mineras de terceros, el clínker suministrado por terceros, transportes en la cadena de valor, distribución del producto, uso del producto, entre otras).

En la Figura 13 se muestra una descripción general de los alcances y emisiones de GEI en toda la cadena de valor.

Figura 13. Alcances para la estimación de las emisiones
Fuente. WBCSD



2.2.2
Alcances 1 y 2 del sector cemento: Protocolo de energía y CO_2 para la producción de cemento

El Protocolo de Energía y CO_2 para la producción de cemento es una metodología para calcular y reportar emisiones de CO_2 propuesta el año 2001 por CSI. Este protocolo incluye las necesidades específicas de la industria del cemento, lo que le permite ser la guía más importante para la medición y reporte de CO_2 en el sector cementero. Además, se alineó estrechamente con el Protocolo GHG desarrollado el WBCSD y el WRI.

Respecto a la medición y al reporte, el Protocolo CSI de Cemento de CO_2:

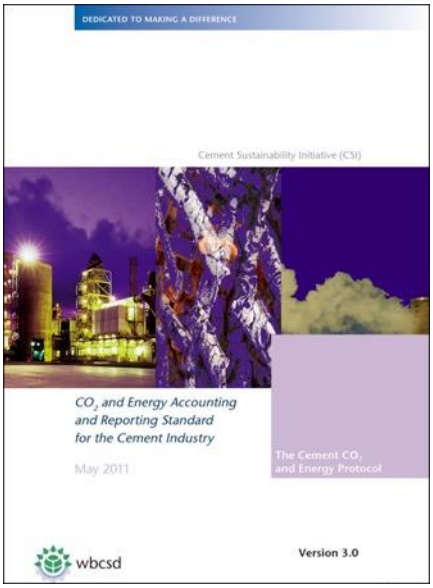
Es una herramienta flexible que satisface necesidades, tales como: administración interna del desempeño ambiental, reportes ambientales corporativos y públicos, reportes bajo esquemas de impuestos CO_2, reportes bajo esquemas de cumplimiento de CO_2 (acuerdos voluntarios o negociados, comercio de emisiones), benchmarking de la industria y análisis del ciclo de vida del producto.

Los métodos de cálculos utilizados en este protocolo son compatibles con las directrices del IPCC - 2006 y con el protocolo de WRI/WBCSD. Esto permite a las empresas cementeras informar sus emisiones de CO_2 a los gobiernos nacionales de acuerdo con los requisitos del IPCC.

Incluye todas las emisiones asociadas al Alcance 1 y Alcance 2 y consta de tres documentos: un documento de orientación (Guidance Document), una hoja de cálculo de Excel (Excel Spreadsheet) para ayudar a las compañías de cemento a preparar sus inventarios de CO_2, y un Manual de Internet, que suministra una guía paso a paso para el cumplimiento del Protocolo. Este manual puede encontrarse en la página web www.cement-co2-protocol.org.

Respecto a la verificación, el Protocolo CSI de Cemento de CO_2:

Este proceso, inicialmente llevado a cabo por CSI y en la actualidad gestionado por GCCA, trabaja en alianza con PwC de Francia en la consolidación, procesamiento de datos y emisión de reportes de las empresas cementeras que contribuyen con información a la base de datos GNR. Las empresas cementeras reportan información relativa a indicadores de emisión de CO_2 y eficiencia energética. Además, existe un protocolo para la verificación externa de la información de la planta, que es realizada por entidades evaluadoras externas debidamente calificadas.



2.2.3
Alcance 3 del sector cemento: Guía de contabilidad e informes de GEI

La Guía de Contabilidad e Informes de GEI del Alcance 3 para la producción de cemento es un complemento del Protocolo de Energía y CO_2 para la producción de cemento (Alcance 1 y 2). Fue elaborada por CSI, en colaboración con el WBCSD, distintas empresas cementeras líderes, y organizaciones gremiales internacionales.

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

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

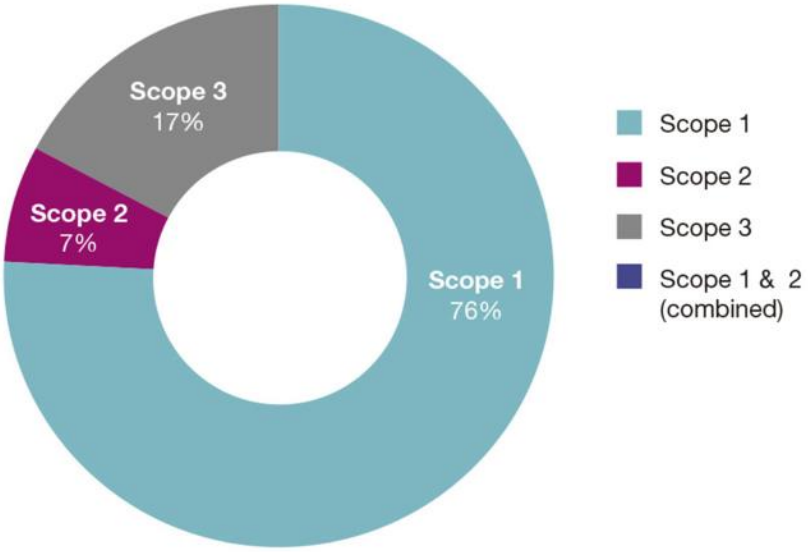
Esta Guía se basa en la Norma de Contabilidad y Notificación de la Cadena de Valor Corporativa de Gas de Efecto Invernadero WBCSD - WRI (Alcance 3) (septiembre de 2011). Además, contempla las principales emisiones de GEI (con CO_2 y sin CO_2) de actividades *upstream* (aguas arribas) y *downstream* (aguas abajo) relacionadas con la producción de cemento. Permite comparar las emisiones de GEI de una compañía a lo largo del tiempo. Proporciona una metodología específica para el cálculo de las emisiones de Alcance 3, con el objetivo de informar estas emisiones para diversos fines. Las emisiones de Alcance 3 contemplan emisiones indirectas no cubiertas por el Alcance 2 (por ejemplo, la extracción y producción de materiales y combustibles comprados -como clínker-, actividades vinculadas al transporte que no son propiedad de la empresa cementera o controlados por ella, actividades relacionadas con la electricidad -por ejemplo, pérdidas de transmisión y distribución-), actividades subcontratadas, eliminación de residuos, etc.

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

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

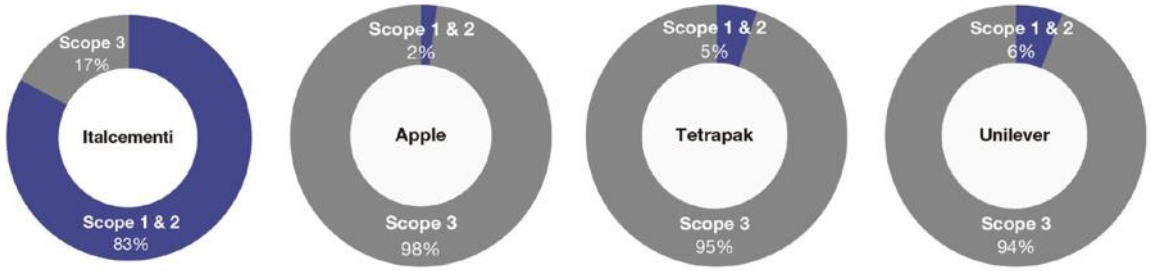
Para el caso de la producción de cemento, el Alcance 1 es, sin duda, el más relevante con respecto a las emisiones de CO_2, pero conocer las emisiones de CO_2 del Alcance 3 es necesario para determinar el CO_2 global en el ciclo de vida del cemento. Por ejemplo, de acuerdo con estadísticas de la firma Italcementi, estas emisiones representan un 17 % del total de las emisiones que surgen de toda la cadena de valor (Figura 14), mientras que el Alcance 1 concentra la mayor cantidad de emisiones (76%), y el Alcance 2 representa tan solo el 7% restante de emisiones.

Figura 14. Emisiones en la producción de cemento según alcance (scope)
Fuente. Cement Sector Scope 3 GHG – Accounting and Reporting Guidance / WBCSD



En particular, la industria del cemento tienes sus principales emisiones en el Alcance 1, mientras que otros ciclos de vida (como por ejemplo la producción de manzanas o envases, en la Figura 15) concentran gran parte de sus emisiones en el Alcance 3. Por ello, la importancia dada por el WBCSD de implementar protocolos para determinar las emisiones en todos los Alcances.

Figura 15. Emisiones en diferentes industrias según alcance
Fuente. Cement Sector Scope 3 GHG – Accounting and Reporting Guidance/WBCSD



2.3
sMRV FICEM

2.3.1
Origen y definición sMRV FICEM

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

En base a lo señalado, el sMRV FICEM es un sistema desarrollado por FICEM y de su exclusiva propiedad, como parte de las herramientas que contiene su Hoja de Ruta, que permite importar datos de FORMATO CSI CEMENT CO_2 AND ENERGY PROTOCOL VERSIÓN 3.1., consolidarlos en una base de datos relacional, incorporar datos de referencia, y entregar un resumen consolidado para su visualización y análisis mediante herramientas de visualización y descubrimiento de datos.

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

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

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

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

2.3.2
Protocolo sMRV FICEM

El Protocolo de Procesamiento, Consolidación y Validación de Datos FICEM (Protocolo FICEM) contiene el procedimiento que permite tomar datos relevantes, asociados a las medidas de mitigación de las emisiones de GEI de las distintas compañías, especialmente los contenidos en la Planilla CSI Cement CO_2 and Energy Protocol Versión 3.1. (en adelante CSI protocol 3.1) proporcionados por las compañías participantes del proceso, validarlos a través de una entidad externa, consolidarlos, adicionar datos de referencia, tales como hojas de ruta, estándar CSI, etc., y entregar resúmenes consolidados para su visualización y análisis mediante informes y/o reportes. Todo lo anterior, conciliando los principios de transparencia y confidencialidad.

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

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

0. **REUNIÓN DE APERTURA:** esta reunión tiene como fin dar inicio formal a las actividades del presente Protocolo, como, por ejemplo: fijar los alcances del proceso para las Compañías, país adherente y/o Macrozona, años que comprenderá la información, si se considerarán años no verificados, además de cualquier otro tema de carácter general que se considere necesario.

1. **PREPARACIÓN Y ENVIO DE INFORMACION A LA EEV:** cada Compañía prepara los datos que desea analizar en el formato CSI protocol 3.1. y los remite a la EEV vía correo electrónico que será determinado por la EEV para estos efectos, bajo los estándares de confidencialidad y seguridad necesarios para dichos fines.

2. **RECEPCIÓN, VALIDACIÓN Y ENVIO DE INFORMACIÓN POR LA EEV:** la EEV recibe la información indicada en el punto anterior. Luego, valida la presentación y suficiencia de dicha información, para luego entregárselos a FICEM. Además, codifica aquellos datos o nombres propios que puedan permitir la identificación individual de una planta y Compañía.

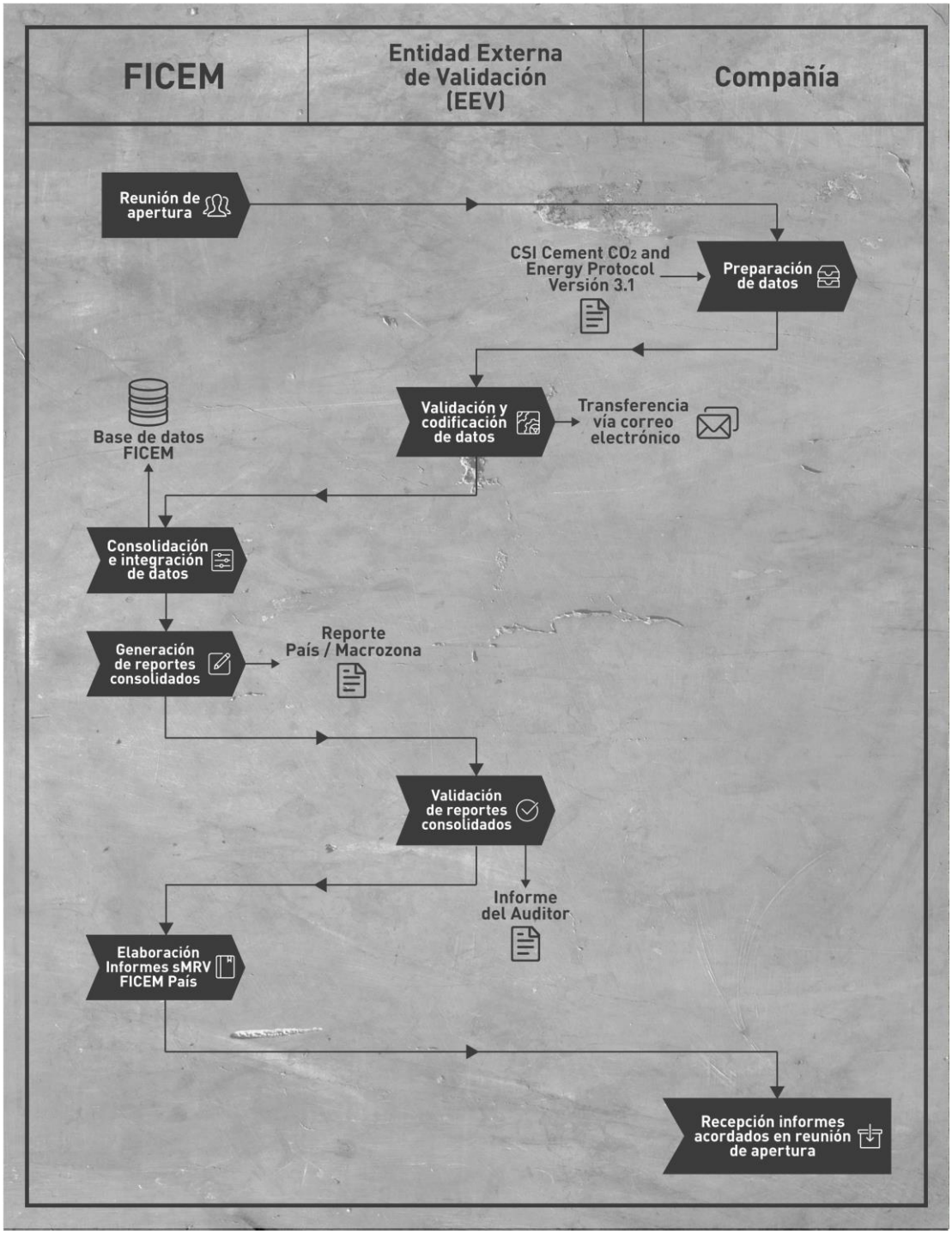
3. **CONSOLIDACION DE DATOS, GENERACIÓN DE DATASETS y REPORTES:** los datos recibidos por FICEM desde la EEV son cargados en el sMRV FICEM y se consolidan de acuerdo con lo establecido en el punto 4.

4. **LA EEV VALIDA INFORMACIÓN DE DATASETS CONSOLIDADOS:** la EEV recibe la información ponderada por parte de FICEM y valida que ella sea consistente con la entregada a FICEM.

5. **INFORME DEL AUDITOR:** la EEV procederá a emitir el Informe del Auditor donde se declara que se han cumplido con las etapas de este Protocolo y que los números basales que se han utilizado son los que la EEV ha recibido de las distintas compañías. Este informe es remitido en forma exclusiva a FICEM. El alcance de la participación de la EEV abarca solo hasta este punto.

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

Figura 16. Flujo de las etapas y procedimientos del sMRV FICEM



3

Hoja de Ruta FICEM

La Federación Interamericana del Cemento - FICEM en su objetivo de potenciar el desarrollo sostenible de la región, ha impulsado y desarrollado el proyecto Hoja de Ruta FICEM: "Hacia una economía baja en carbono", que representa el compromiso de la industria cementera latinoamericana en la reducción de emisiones de CO_2.

15 representantes de la industria cementera de 23 países de Latinoamérica y el Caribe, se reunieron el 2 de febrero de 2017 en la ciudad de Miami, Estados Unidos, con el fin de ratificar su compromiso en la reducción de emisiones de CO_2 hacia una economía baja en carbono, aprobaron dicha Hoja de Ruta FICEM, la cual se detalla en el presente capítulo.

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

3.1
HR FICEM y sus objetivos

Objetivo 1 Aportar a los objetivos mundiales para el desarrollo sostenible ODS y COP21, los objetivos globales de la Iniciativa para la Sostenibilidad del Cemento (WBCSD) y los objetivos regionales para enfrentar el cambio climático.

Objetivo 2 Construir la línea base de emisiones de CO_2 en la industria regional, mediante la implementación de un sistema para la Medición, Reporte y Verificación FICEM (sMRV FICEM), usando la información reportada en el protocolo GNR.

Objetivo 3 Determinar el potencial de reducción de CO_2 por país, basado en la eficiencia energética e innovación para la producción de clínker y cemento en Latinoamérica.

Objetivo 4 Identificar las acciones para implementar el potencial de reducción de CO_2 en nuestro ciclo de vida y posicionar al cemento como el material más resiliente para las necesidades de adaptación al cambio climático.

Objetivo 5 Estandarizar y facilitar la elaboración de las Hojas de Ruta por País, para lograr cumplir los requerimientos de Mitigación y Adaptación de acuerdo con las oportunidades y necesidades locales.

Objetivo 6 Posicionar a FICEM como referente de la industria para facilitar diálogos y negociaciones asociadas al cambio climático en nuestros países.

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

3.2
HR FICEM y sus herramientas

Las herramientas del proyecto Hoja de Ruta FICEM son un conjunto de aplicaciones, procedimientos, investigaciones y referencias que tienen por objeto apoyar a la industria del cemento latinoamericana en sus esfuerzos para mitigar las emisiones de CO_2 y posicionar al cemento y al concreto como los materiales de construcciones más resilientes para la adaptación al cambio climático. A continuación, se presenta el detalle de cada una de ellas.

Herramienta 1
GNR como sistema de medición, reporte y verificación

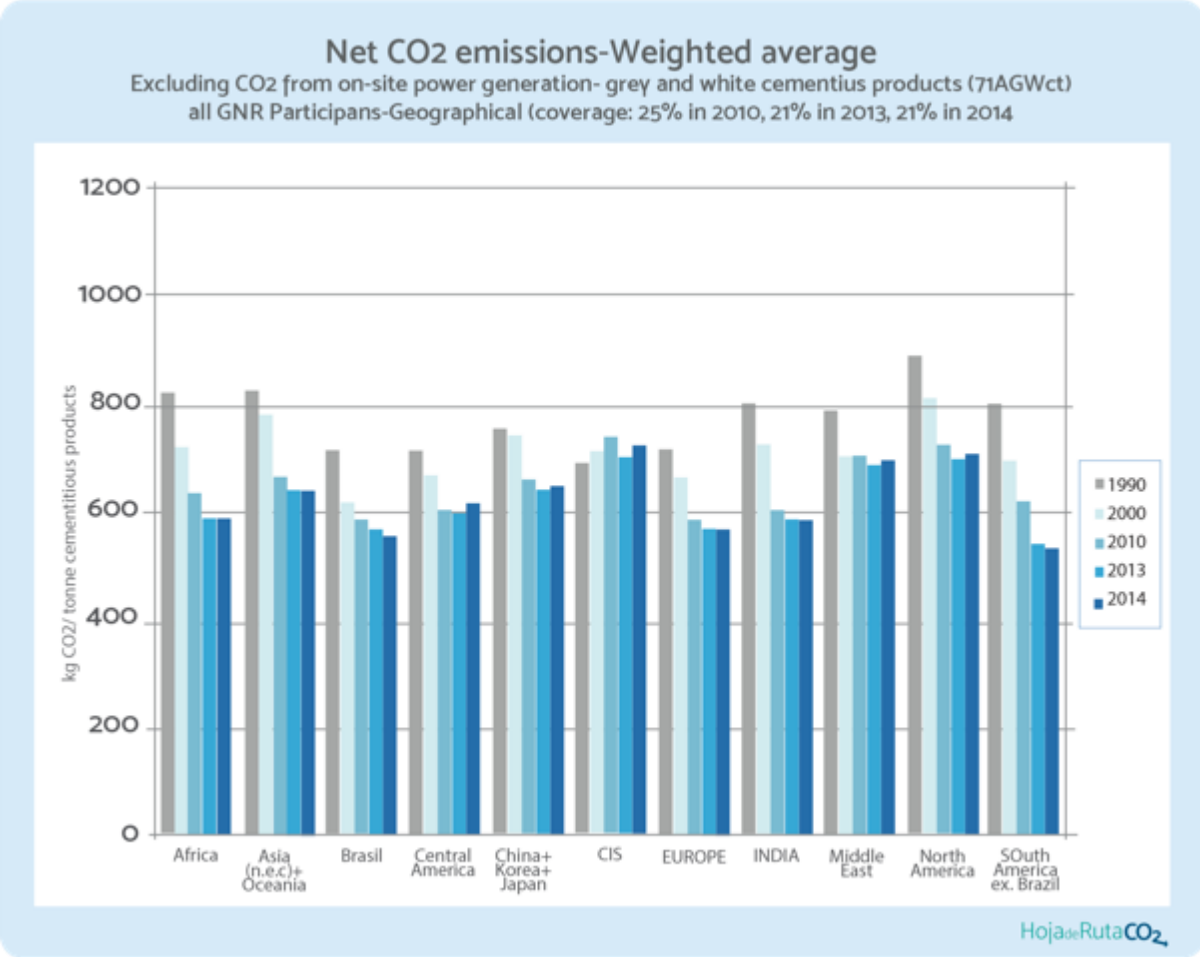
GNR no solo nos es útil para entender los potenciales de reducción de CO_2 eq en la industria y los desempeños comparados de los ejes de reducción ya descritos en el apartado GNR de este informe. En la actualidad, GNR se posiciona como un MRV de alto desempeño, para los requerimientos de las autoridades locales y sus compromisos suscritos en la COP 21.

En la búsqueda por 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, genere 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_2 eq por hornos que, sólo como referencia, el medir el CO_2 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 la siguiente figura se puede apreciar los indicadores con los que cuenta la región, siendo la región con la más baja intensidad de emisión en el mundo. Por lo anterior, queda de manifiesto la importancia que éstos sean los números oficiales, dado que de solicitar nuevas reducciones (sin considerar todos los elementos expuestos) estas nuevas exigencias serían muy difíciles de lograr, o implicarán un costo adicional que pondría en riesgo nuestra competitividad.

Figura 17. Ponderado de emisiones netas de CO_2 por región
Fuente. GNR 2014



Herramienta 2
Levantamiento de indicadores de desempeño técnico y de gestión

De acuerdo con los criterios del Roadmap de CSI y el aprendizaje de las Hojas de Ruta implementadas en otras regiones del planeta, hemos decidido contar con diez indicadores, los que aseguren mejorar nuestro desempeño en la reducción de CO_2 eq, así como también mantener una gestión proactiva para cumplir nuestros objetivos. Estos son los indicadores que seguirá FICEM como proyecto regional y tendrán sus indicadores espejo en cada país que implemente su Hoja de Ruta Local.

1. Nivel de participación en GNR de la región.
2. Cantidad de toneladas de emisión de CO_2 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_2 eq de la Industria por país.
5. Porcentaje de uso de residuos como energía en el coprocesamiento.
6. Porcentaje de uso de residuos como materias primas alternativas.
7. Porcentaje del factor clínker.
8. Aporte a las emisiones de CO_2 asociadas al transporte en la producción de cemento.
9. Publicación de 7 papers FICEM.
10. Número de Alianzas: PWC - EIA – CSI - The Nature Conservancy – Gobiernos.

Herramienta 3
Calculadora FICEM y módulo potencial de reducción

Definición

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

Figura 18. CO_2 emitido por descarbonatación y energía
Fuente. Modelación de uso MRV FICEM

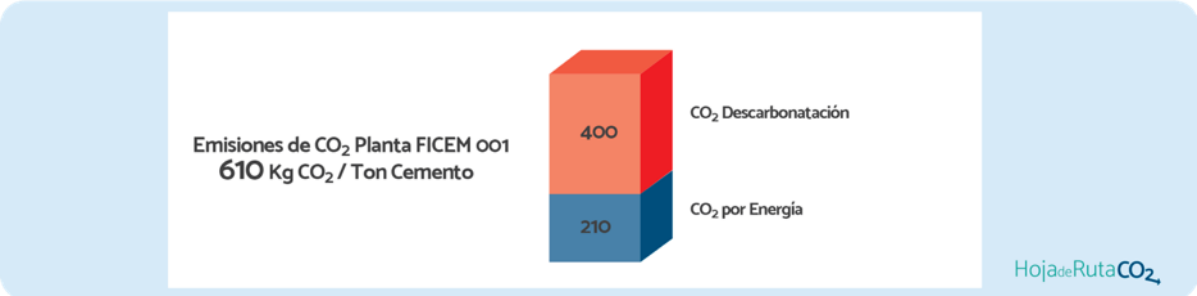


Figura 19. Factor Clínker y coprocesamiento
Fuente. Modelación de uso MRV FICEM

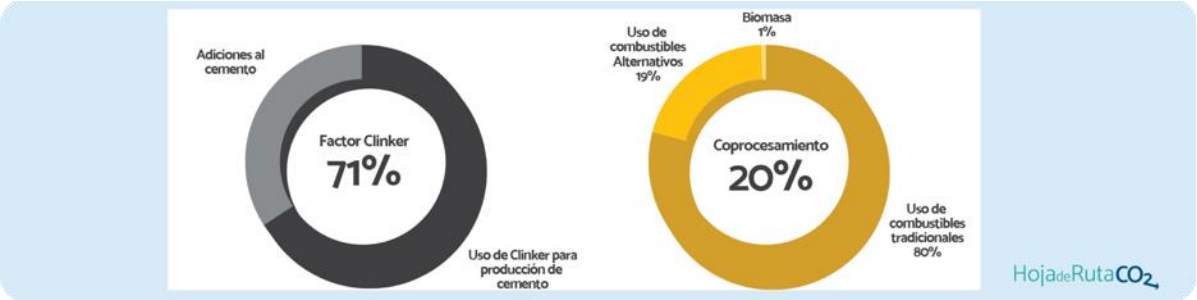
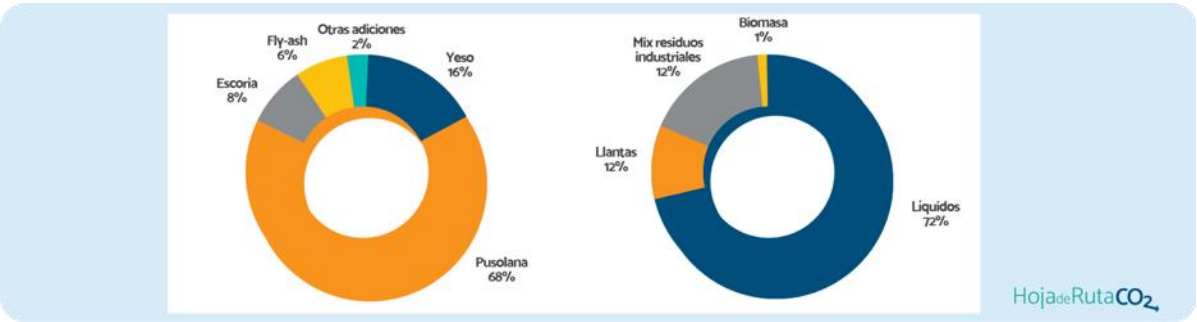


Figura 20. Participación relativa de materias primas y combustibles alternativos
Fuente. Modelación de uso MRV FICEM



Módulos de la Calculadora FICEM

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

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

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

Módulo de Potencial de Reducción: Este módulo FICEM se ha basado en la última versión del documento ECRA "*Development of State of the Art-Techniques in Cement Manufacturing: Trying to Look Ahead, Revisión 2017*", desde donde se extrajo los indicadores para una planta de referencia. Dicho documento contiene, además, los resúmenes ejecutivos de una lista de 52 documentos técnicos (Technology Papers) que dan cuenta de las alternativas en distintos puntos del proceso de fabricación de cemento, que permiten reducciones en el consumo energético y la reducción asociada de emisiones de carbono directas e indirectas.

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

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

Figura 21. Acciones dentro del proceso de Hoja de Ruta país donde interviene la calculadora

Herramienta 4
Investigación y desarrollo

Con el objetivo de facilitar y acelerar el conocimiento para el cumplimiento de los requerimientos de mitigación y adaptación, se ha definido que: eficiencia energética, coprocesamiento, factor clínker, captura de CO_2 eq, vivienda y pavimento sostenible, infraestructura resiliente y diferencias geográficas regionales, son algunas de las temáticas que FICEM deberá desarrollar a través de sus papers, para un uso público y privado.

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

El objetivo de FICEM es generar información con calidad científica, que respalde el potencial de reducción de CO_2 en la industria actual, y que, además, demuestre a las partes interesadas el potencial de reducción de CO_2 en el uso del cemento en vivienda e infraestructura resiliente.

Paper 1 Tecnología e Innovación de reducir CO_2 en la industria del cemento basado en los Papers ECRA 2017. Se realizan las adecuaciones a la realidad de Latinoamérica para su implementación, además tendrá un módulo para una lectura íntegra de los distintos aportes de estas tecnologías bajas en carbono.

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

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

Paper 4 Vivienda Sostenible en concreto. Dado que una de las principales fuentes de emisión de CO_2 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_2 asociadas. También se incorporan los atributos para la adaptación al cambio climático que el cemento y concreto generan, como materia líder en resiliencia.

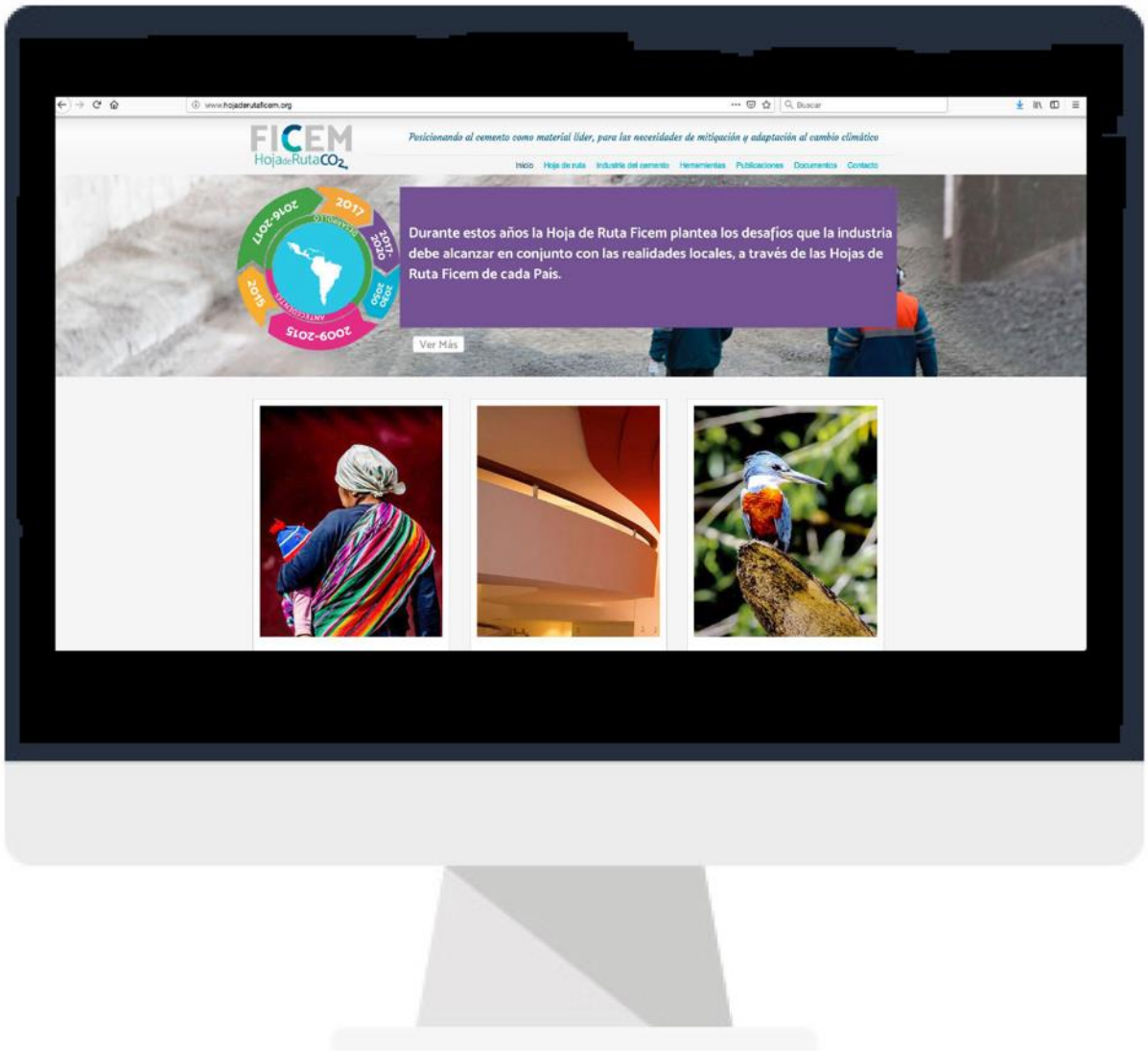
Paper 5 Pavimentos Resilientes en Concreto. En este documento se demuestran las reducciones de CO_2 de pavimentos en concreto vs en asfalto, debido al ahorro de combustibles en transporte, vida útil y menor efectos térmicos en ciudades.

Paper 6 Transportes Sostenibles de Materias Primas y Productos. Consolidación de mejores prácticas logísticas en el transporte de: calizas, puzolanas, residuos y cemento, cuyos ahorros en combustibles, generan una reducción asociada en emisiones de CO_2 por uso de combustibles.

Herramienta 5
Centro de Información Virtual

Con el objetivo de contar con una fuente oficial donde se respalde toda la documentación utilizada para la elaboración de esta Hoja de Ruta, FICEM desarrollo el Centro de Información Virtual, una plataforma de información y de interacción, en la cual se encuentran, por ejemplo, las Hojas de Ruta de CSI, Europa, Egipto e India, como también información relacionada a la COP 21, IPCC, CEPAL, entre otras. Una vez validada la Hoja de Ruta FICEM y sus versiones locales, los documentos estarán disponibles en esta plataforma. Esta plataforma también contará con canales de comunicación para resolver requerimientos más complejos de información de los usuarios.

www.hojaderutaficem.org



3.3 Acuerdos y alianzas FICEM

Tal como lo plantea el objetivo 17 de los ODS, es necesario fortalecer y revitalizar la acción colaborativa entre los distintos actores, mediante la construcción de alianzas, trabajo asociativo y cooperación mutua.

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

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

Tres son los documentos legales principales:

Protocolo sMRV FICEM

El cual detallamos en el Capítulo II, y que es el procedimiento mediante el cual los países y compañías entregan sus números a través de una entidad externa de validación (PwC en este caso), para que sean procesados y consolidados a través del denominado sMRV FICEM y su calculadora, lo cual permite, como ya se ha señalado, contar con información consolidada, ponderada y reportes robustos para la toma de decisiones. Además, este documento es anexo y es obligatorio, tanto para el Acuerdo para la Elaboración de Hoja de Ruta, como para el Acuerdo FICEM PwC.

Acuerdo para la Elaboración de HR

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

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

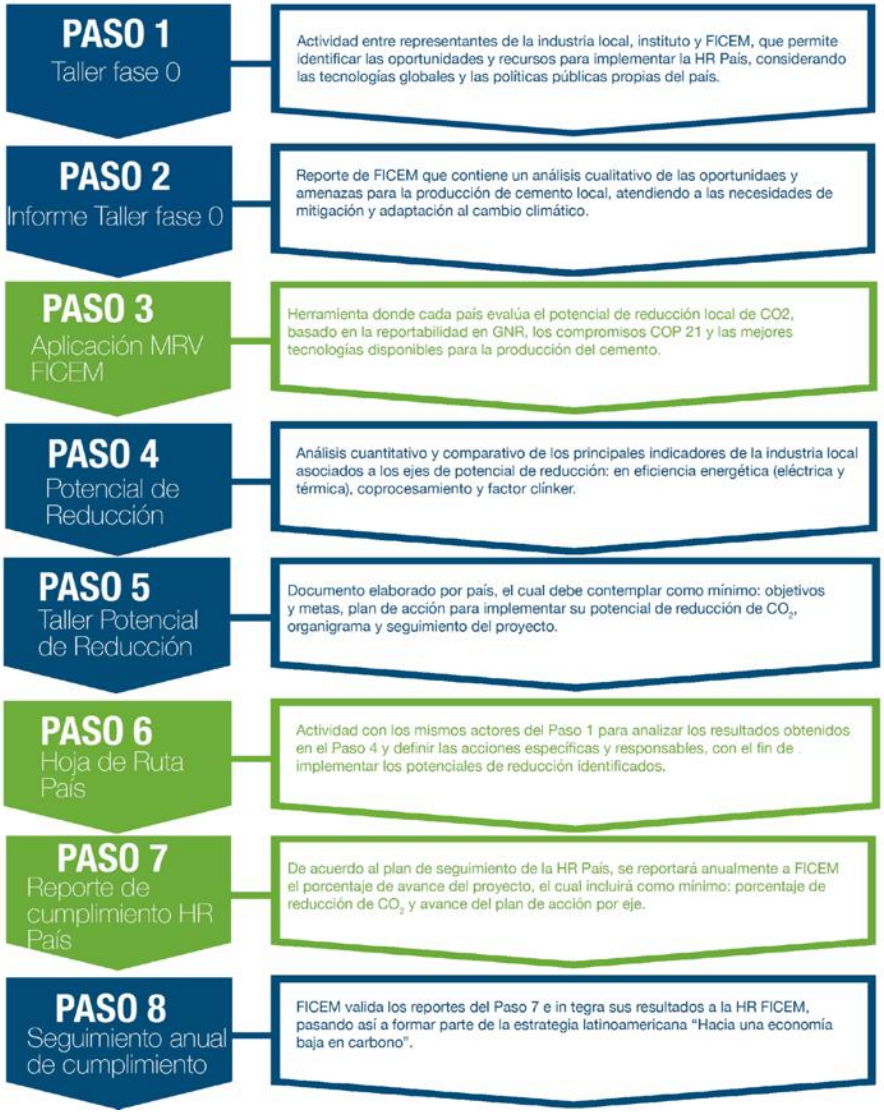
El apoyo en la elaboración se hará en el marco de la denominada Hoja de Ruta FICEM aprobada en las Asambleas de Presidentes 2016 y 2017 de FICEM.

Acuerdo FICEM - PWC

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

3.4 Metodología y seguimiento de HR por país

Con el fin de facilitar el proceso de elaboración de las Hojas de Ruta por país y su seguimiento, FICEM ha definido un método que consta de 8 etapas "Pasos 1 al 8". Los Pasos 1 al 6 corresponden a la implementación, y los Pasos 7 y 8 corresponden al seguimiento de cada Hoja de Ruta. A continuación, se detalla cada paso. Aquellos pasos destacados con azul son de responsabilidad de FICEM y los destacados en color verde son de responsabilidad de la industria.



PASO 1

Realizar Taller Fase 0 por país

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

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

PASO 2

Informe, evaluación Fase 0 FICEM/País

Este informe se elabora en conjunto con FICEM y la industria local. En él se plasman los antecedentes y conclusiones principales asociadas al Taller Fase 0. El contenido mínimo de este informe es el siguiente: reporte de indicadores relevantes para la toma de decisiones, estadísticas de reportabilidad GNR, indicadores de eficiencia energética, uso de residuos en la industria y factor clínker, indicadores de referencia asociados a otros proyectos de Hoja de Ruta, políticas públicas del país (ej.: metas de reducción de emisiones de CO_2 eq, requerimientos de adaptación y mitigación) e impuestos verdes. También se incluye un análisis de brecha cualitativo entre los indicadores locales y las referencias internacionales, dentro de los cuales se destacan:

- Producción de cemento local, kilogramos de CO_2 eq por tonelada de cemento producida.
- Aportes de la industria local a la producción mundial de cemento.
- Aportes de la industria local a las emisiones totales del país.
- Potencial cualitativo de uso de residuos y eficiencia energética.
- Publicaciones asociadas a mitigación y adaptación al cambio climático.
- Propuesta de pasos a seguir.
- Conclusiones y recomendaciones.

PASO 3

Aplicación de la sMRV FICEM por país

Posterior a la realización del Taller Fase 0, y previo a la realización del Taller de análisis del potencial de reducción de CO_2 eq por país, la industria local reúne la información relativa a reportes remitidos a GNR, en forma desagregada y/o consolidada, para incorporar estos datos a la calculadora. Con estos antecedentes se corre el modelo, con lo cual se analizan los potenciales de reducción por cada uno de los ejes establecidos por CSI, se comparan los niveles de desempeño con las distintas hojas de ruta existentes, y se determinan las principales oportunidades de reducción. Lo indicado es la base para construir las estrategias para implementar el potencial de reducción de CO_2 eq en la industria local. Además, la calculadora entrega información comparativa de las trayectorias de reducción definidas en las distintas estrategias de la industria del cemento, pudiendo visualizar así el desempeño actual del país y los desafíos futuros en la materia.

Dentro de los reportes que genera esta herramienta se puede considerar un reporte específico para las autoridades locales, el que puede llegar a cumplir los requisitos de un MRV. Además, esta calculadora cuenta con un módulo para aplicar los potenciales de reducción específicos de cada uno de los papers publicados por ECRA, con lo que se puede realizar, con respecto a los datos existentes, un análisis proyectado de las oportunidades, inversiones y costos para las reducciones posibles de CO_2 eq por planta y por país.

PASO 4

Informe de Potencial de reducción por país

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

PASO 5

Taller Potencial de reducción y Plan de Acción HR País

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

En este taller se revisan los resultados de haber implementado la calculadora FICEM en el país y se realizan los análisis por eje de los potenciales de reducción asociados. Esto significa evaluar las oportunidades de mejora en eficiencia energética, el uso de residuos como energía y materias primas, la reducción del factor clínker, y la captura y uso de CO_2, a fin de determinar los reales potenciales de reducción. Además, se proyecta la implementación de las oportunidades identificadas, con el objetivo de generar las posibles trayectorias de reducción de la industria.

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

PASO 6

Hoja de Ruta por País

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

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

PASO 7

Reporte de Cumplimiento HR

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

PASO 8

Seguimiento anual de cumplimiento HR FICEM

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

4

República Dominicana y el Cambio Climático

En el presente capítulo se revisan antecedentes generales de República Dominicana, como su contexto, su especial vulnerabilidad al cambio climático, además de sus compromisos internacionales en estas materias. Todo esto, con el objetivo de conocer los antecedentes locales que dan el contexto y marco para las distintas decisiones y acciones que son el contenido del esta HR y su Plan de Acción.

4.1 Contexto

República Dominicana es un país ubicado en la zona central de las Antillas, en los dos tercios orientales de la isla La Española; su capital y ciudad más poblada es Santo Domingo. Limita al norte con el océano Atlántico, al este con el Canal de la Mona, que lo separa de Puerto Rico, al sur con el mar Caribe, y al oeste con Haití. Tiene una superficie total de 48,442 kms^2, y una población superior a los 10,7 millones de habitantes.

El territorio dominicano ofrece un aspecto montañoso en su mayor parte, con cuatro ejes orográficos principales, orientados de oeste a este, siendo la Cordillera Central la más importante de la isla, donde se localiza el Pico Duarte con 3087 m, la máxima elevación de las Antillas. Otros sistemas montañosos son la Cordillera Septentrional, la Cordillera Oriental, la Sierra de Yamasá, la Sierra de Samaná, la Sierra de Bahoruco, la Sierra de Neiba y la Sierra Martín García.

En materia socioeconómica, el Banco Mundial señala que República Dominicana es un país de ingreso medio alto, con un PIB superior a los 75,9 mil millones de dólares, y una tasa de crecimiento anual del PIB del 5,1%, al 2019.

"El crecimiento económico del país ha sido uno de los más fuertes de ALC en los últimos 25 años. El crecimiento desaceleró de 6.6 por ciento en 2016 a un 4.6 en 2017, aunque se mantuvo cerca del promedio anual de crecimiento del país de 5.3 porciento. Sobre la base de una demanda interna robusta se espera que el PIB crezca cerca de un 5 por ciento en 2018 y se mantenga así en el futuro cercano.

La tasa de pobreza disminuyó de 30.8 por ciento en 2015 a 28.9 por ciento en 2016, según estimados oficiales. Se espera que la misma siga disminuyendo a un ritmo más lento que en años anteriores a medida que el crecimiento del PIB se aproxime al potencial de crecimiento de medio término del país." (Banco Mundial)

Otro aspecto importante de destacar en esta materia es el porcentaje de familias que no cuentan con un techo para vivir o viven en viviendas de mala calidad, que en República Dominicana alcanza el 41%.

En cuanto a la infraestructura vial del país, el indicador "porcentaje de pavimentación" alcanza, al año 2000, un 49%. Otro indicador en esta materia corresponde a la ubicación 62 de República Dominicana en la clasificación mundial con respecto a la calidad de carreteras.

4.2 República Dominicana y el cambio climático

Vulnerabilidad al cambio climático

De acuerdo con las cifras de pobreza establecidas por el Banco Mundial, y los déficits en infraestructuras, República Dominicana es particularmente vulnerable a los efectos del cambio climático, situación que amenaza a su población, su patrimonio, la producción de alimentos y los medios de subsistencia, impidiendo que el desarrollo económico y social prosiga de manera sostenible.

"Los daños asociados a las actividades hidrometeorológicas en el curso de los años, han dejado una secuela de efectos cuya superación ha exigido esfuerzos importantes. El Huracán Georges del 1998, representó en términos de pérdidas y daños el equivalente al 14% del Producto Interno Bruto (PIB) del 1997. Las tormentas tropicales Olga y Noel en el 2007 obligaron a replanificar la economía y las prioridades del gobierno, cuya sumatoria de daños y pérdidas significaron el 1.2% del PIB y el 5.3% del presupuesto nacional. De igual manera, han ocurrido una secuela de desastres vinculados a inundaciones, deslizamientos de tierras y sequías que no han sido cuantificados.

El impacto de algunos eventos extremos ha significado pérdidas económicas por el orden de USD 9,470 MM y los sectores más afectados han sido: agricultura, vialidad, energía, vivienda, educación, industria y comercio, saneamiento, drenajes, salud y medio ambiente. Estas estadísticas se refieren a eventos mayores que causan desastres, pero los eventos menores y recurrentes pueden causar grandes daños a bienes, medios de vida y cultivos. Sin embargo, persisten ciertas deficiencias en el registro histórico de eventos medianos y pequeños, y se estima que equivalen a la mitad de las pérdidas y daños de los eventos mayores." (INDC República Dominicana, 2015)

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

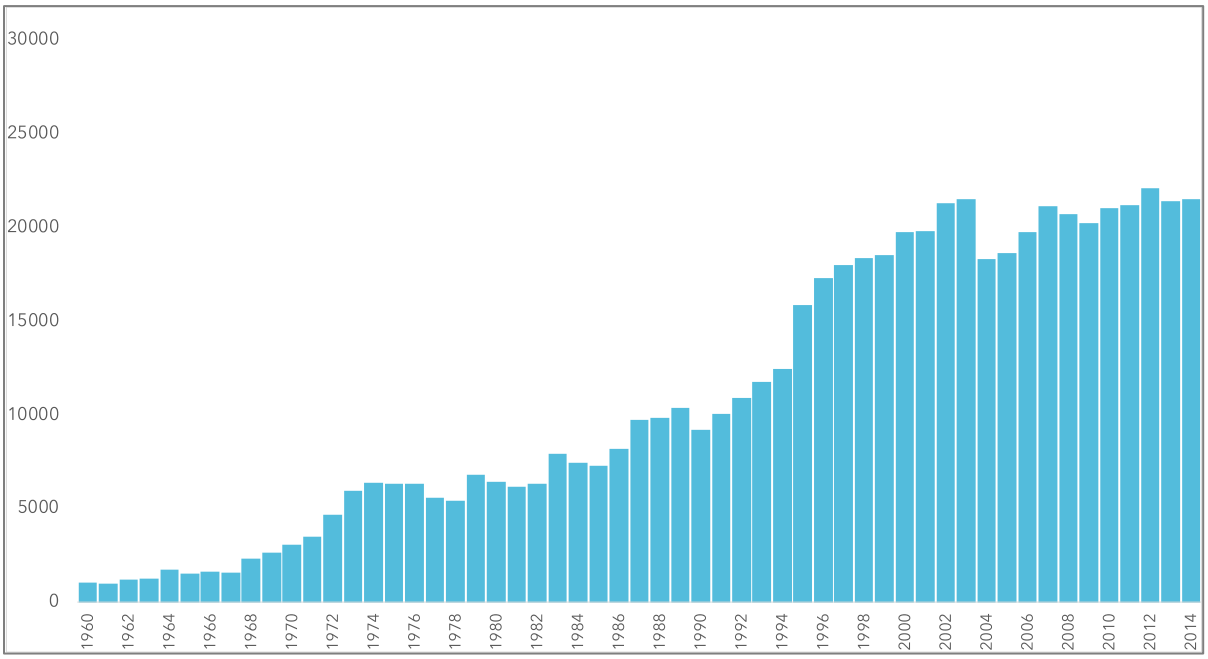
Emisiones de CO_2

En la gráfica del Banco Mundial (Figura 22), se puede apreciar un crecimiento sostenido en las emisiones de CO_2 en República Dominicana, respecto al año base (1990), alcanzando los 2,07 millones de toneladas de CO_2 para el año 2014, frente a los 1,285 millones de toneladas de CO_2 del año 1990. Estos datos reafirman la directa relación entre desarrollo y emisiones de CO_2 asociadas.

A pesar del crecimiento sostenido en sus emisiones, estas representan menos del 0,1% del total mundial:

En términos de emisiones, la República Dominicana representa menos del 0.1% de las emisiones mundiales. Las emisiones per cápita están por debajo de la media de Latinoamérica y El Caribe (4.9 tCO_2e). Sin embargo, la tendencia de las emisiones de algunos sectores económicos es importantes, en especial, transporte, energía, manufactura y construcción, residuos y agropecuaria." (INDC República Dominicana, 2015)

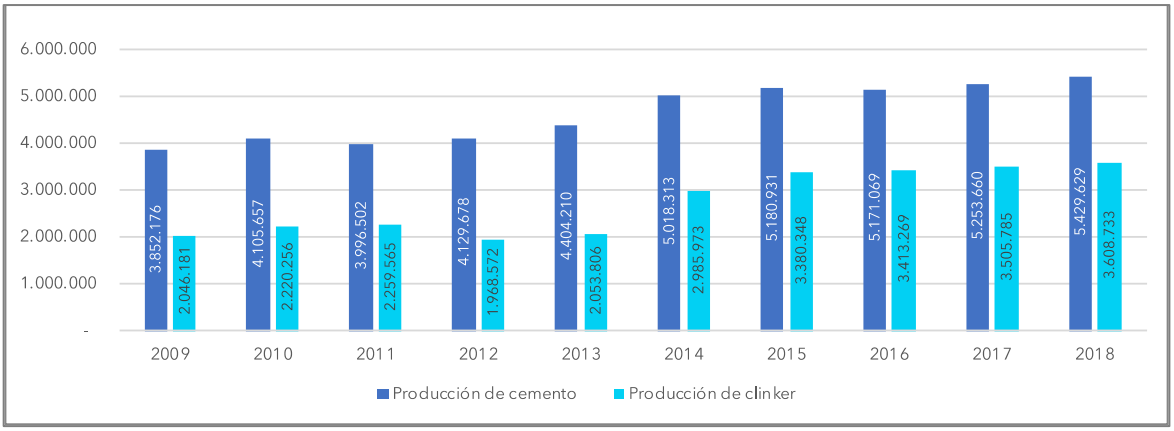
Figura 22. Emisiones de CO_2 (miles de toneladas) República Dominicana 1990-2014
Fuente. Banco Mundial



Producción de Clínker y Cemento en República Dominicana

En las siguientes figuras se puede apreciar las cifras oficiales entregadas por el gobierno de República Dominicana, donde se muestra el crecimiento sostenido desde el año 2009 de la producción de clínker y cemento en el país superándose los 5 millones de toneladas de cemento el año 2014.

Figura 23. Producción de Cemento y Clínker (toneladas) República Dominicana 2009-2018
Fuente. Departamento de Cuentas Nacionales y Estadísticas Económicas



Es importante tener en cuenta que el factor clínker calculado tiene variaciones importantes en los datos reportados, con un mínimo de 47% el año 2013 y un máximo de 67% el año 2017, por lo cual se debiera revisar si estas variaciones son reales o se deben a los efectos de importación/exportación, stock u otros.

Figura 24. Producción de Clínker (toneladas) República Dominicana 2009-2019
Fuente. Departamento de Cuentas Nacionales y Estadísticas Económicas

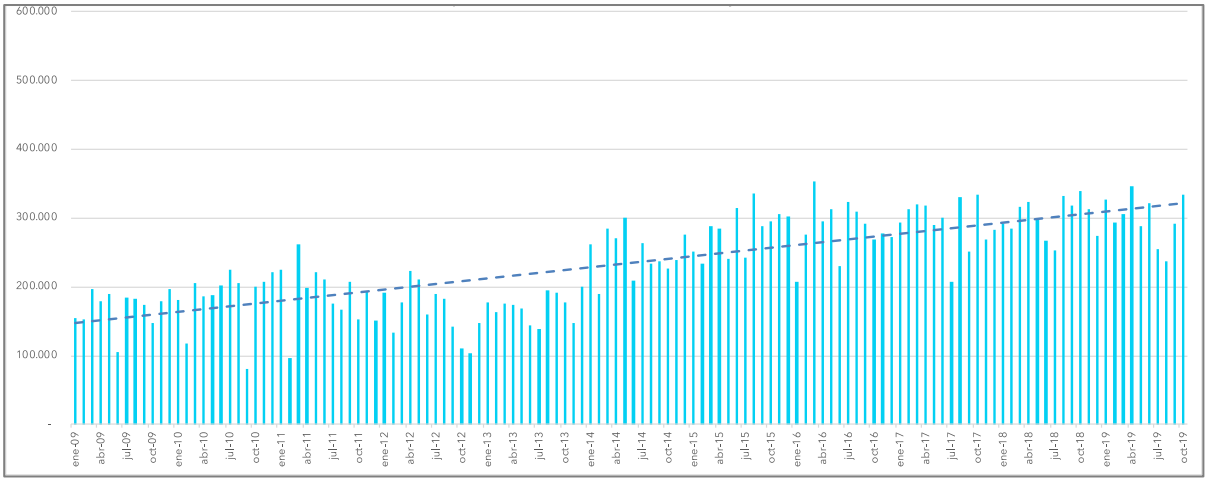
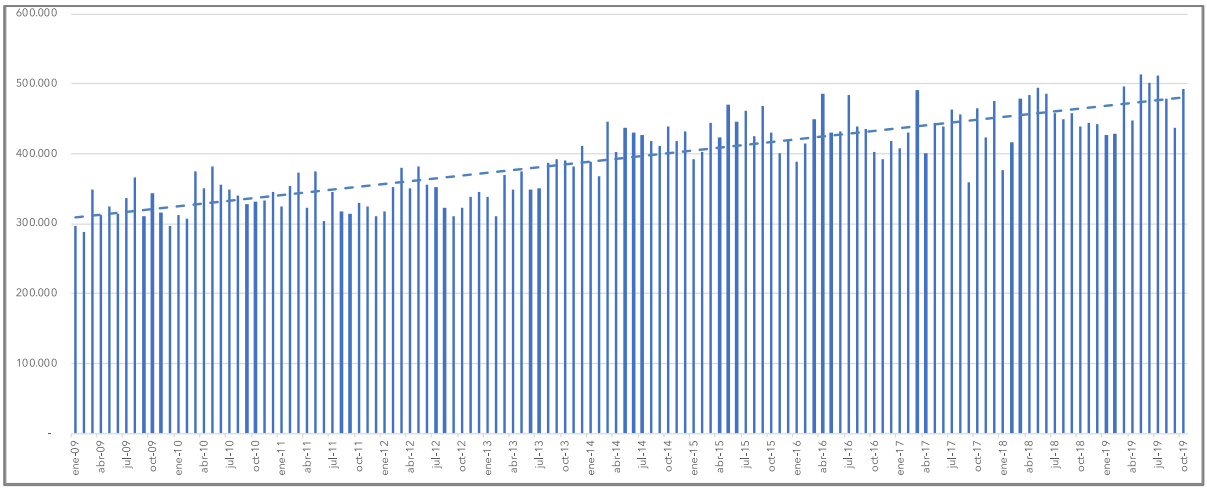


Figura 25. Producción de Cemento (toneladas) República Dominicana 2009-2019
Fuente. Departamento de Cuentas Nacionales y Estadísticas Económicas



4.3 Políticas climáticas

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

En la Tabla 3 se puede apreciar que República Dominicana cuenta con una Estrategia y/o Política, la cual corresponde al NDC, a la "Política Nacional de Cambio Climático (PNCC)"; y un Plan de Acción, el cual corresponde al "Plan Nacional de Adaptación para el Cambio Climático en la República Dominicana 2015-2030" (PNACC RD), el "Plan de República Dominicana para el Desarrollo Compatible con el Cambio Climático (Plan DECCC)".

Tabla 3. Instrumentos de gestión de cambio climático en países de Latinoamérica
Fuente. Guía de buenas prácticas para la adaptación de las carreteras al clima CAF 2018

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

Plan Nacional de Adaptación para el Cambio Climático en República Dominicana 2015-2030 (PNACC RD)

El PNACC República Dominicana fue publicado el año 2016, dentro del proceso de elaboración (2014-2017) de la "Tercera Comunicación Nacional de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático de la Republica Dominicana – TCNCC" por la Fundación PLENITUD. Fue realizado bajo la supervisión técnica del Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio (CNCCMDL), el Ministerio de Medioambiente y Recursos Naturales, y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, y financiado por el Fondo para el Medioambiente Mundial (FMAM).

Los objetivos principales del PNACC-RD 2015-2030 son:

-Reducir la vulnerabilidad a los impactos del cambio climático, mediante la construcción de la capacidad de adaptación y resiliencia.

-Facilitar la integración de la adaptación al cambio climático, de manera coherente, en las políticas nuevas y existentes, programas y actividades, en particular los procesos y estrategias de planificación del desarrollo, dentro de todos los sectores pertinentes y en diferentes niveles, según proceda.

Para lograr estos objetivos, se establecieron siete Líneas Estratégicas transversales: Línea T 1: Manejo político administrativo del tema del cambio climático para facilitar la integración de la adaptación y mitigación al cambio climático en las políticas sectoriales y nacionales. Línea T 2: Reducción del riesgo climático: La implementación de iniciativas que reduzcan la vulnerabilidad a la variabilidad y al cambio climático a través de las medidas sectoriales. Línea T 3: Coordinación intersectorial e interinstitucional: creación de vínculos entre las instituciones, la participación de los interesados en el diálogo y la toma de decisiones, fortalecer la comunidad de práctica sobre el cambio climático y el uso de la investigación para la difusión y la formulación de políticas (redes de investigación y observatorios). Línea T 4: Investigación en vulnerabilidad, adaptación e impactos y escenarios climáticos. Línea T 5: Fortalecimiento de los sistemas de monitoreo y evaluación. Línea T6: Comunicación, Información y Educación. Línea T 7: Integración de la perspectiva de Género.

Además, se establecieron Seis Ejes estratégicos, cada uno con áreas de enfoque más específicas, objetivos y líneas de acción. Los Ejes son: Eje Estratégico 1: Mejorando la seguridad hídrica y la seguridad alimentaria. Eje Estratégico 2: Fomentando el entorno construido y la infraestructura a prueba del clima. Ciudades climáticamente resilientes. Eje Estratégico 3: Promoviendo Comunidades Saludables y Resilientes. Eje Estratégico 4: Incrementando la resiliencia de ecosistemas, la biodiversidad y los bosques. Eje Estratégico 5: Habilitando la competitividad empresarial (sectores productivos como el turismo) a través de la sostenibilidad ambiental y la resiliencia climática: el caso del Turismo. Eje Estratégico 6: Conservando y usando sosteniblemente los recursos costero-marinos, aumentando la resiliencia frente al cambio climático y la variabilidad.

NDC República Dominicana (2015)

La Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) de República Dominicana fue publicada en agosto del año 2015 (antes de las conversaciones climáticas de la COP21). Dentro de sus principales elementos se menciona una "reducción de un 25% de las emisiones del año base (2010) para el 2030. Esto condicionado a que el apoyo sea favorable, previsible, se viabilicen los mecanismos de financiamiento climático, y se corrijan las fallas de los mecanismos de mercado existentes."

Los sectores/fuentes cubiertos por la contribución son: Energía, Procesos Industriales y uso de Productos, Agricultura, Residuos Cambio de Uso de Suelo, mientras que los gases incluidos en la contribución son CO_2, CH_4 y N_2O.

En materia de Adaptación el NDC señala: "*En la República Dominicana la adaptación es una prioridad constitucional. Los sectores identificados como más vulnerables son: Agua para Consumo Humano, Energía (componente de generación eléctrica), Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Asentamientos Humanos y Turismo. Los bloques de planificación para el abordaje estratégico de la adaptación serán los siguientes: - Adaptación Basada en Ecosistemas/Resiliencia Ecosistémica - Incremento de la Capacidad Adaptativa y Disminución de Vulnerabilidad Territorial/Sectorial - Manejo Integrado del Agua - Salud - Seguridad Alimentaria - Infraestructura - Inundaciones y Sequías - Costero-marino - Gestión de Riesgos y Sistemas de Alerta Temprana*"

A la fecha, esta propuesta se mantiene sin actualizaciones.

Tabla 4. INDC y NDC por países
Fuente. Elaboración propia en base a INDC y NDC por países

INDC o NDC País	Reducción Voluntaria (%)	Reducción Condicionada (%)	Total Reducciones (%)
Argentina (1)	*18*	*19*	*37*
Chile (2)	*30*	*5 a 15*	*35 a 45*
Colombia	*20*	*10*	*30*
Costa Rica	*44*	*NP*	*44*
Guatemala	*11,2*	*11,4*	*22,6*
Honduras	*NP*	*15*	*15*
Panamá	*NP*	*NP*	*NP*
Perú	*20*	*10*	*30*
República Dominicana (3)	***NP***	***25***	**25**

NP: No presenta esta reducción.

1.- Argentina utiliza como unidad rebajas de MtCO2e

2.- Chile utiliza factor relacionado al PIB

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

"Acción de Mitigación Nacionalmente Apropiada" (NAMA)

De acuerdo con el Estudio FACTOR CO_2 elaborado por FICEM, República Dominicana posee una NAMA en Coprocesamiento de Residuos en el Sector Cemento, con el objetivo de reducir significativamente las emisiones de GEI en los sectores de cemento y residuos, el logro de otros potenciales cobeneficios, y alcanzar suficiente visibilidad para ser replicado en otros sectores y/o en otros países.

A continuación, se muestran las principales consideraciones de la NAMA:

Descripción de las medidas de mitigación: 1. La entidad gubernamental implementadora, y otras instituciones de gobierno relevantes, poseen amplio conocimiento de los mecanismos de planeación, financiamiento, monitoreo y comunicación, y están habilitados para hacer el MRV de las emisiones de los sectores cementeros y de residuos para evaluar las NAMA, incluyendo la revisión de los aspectos ambientales, técnicos y financieros de acuerdo con los estándares internacionales. 2.Un procedimiento administrativo y con marco legal para procesamiento de residuos, en base a estándares internacionales, es elaborado a través de plataformas interinstitucionales para el diálogo entre actores de los sectores público y privados, así como de otros interesados relevantes, se integran y son aplicados. 3. Modelos para una cadena de valor de combustibles alternativos y materias primas inclusivas de los residuos municipales e industriales para el coprocesamiento en la producción de cemento son establecidas y diseminadas en el país y la región.

Apoyo recibido: 4.5 millones de euros han sido recibidos por el Gobierno Alemán (BMU).

Resultados esperados: 1. Al menos 3 proyectos de aprovechamiento de residuos (coprocesamiento), socioeconómicamente sostenibles y que reduzcan emisiones de GEI. 2. Un sistema MRV para la NAMA en los sectores de cemento y residuos, con referencia a los objetivos de reducción nacional y global. 3. Un proyecto de normativas legales y procedimientos para la autorización de actividades de coprocesamiento, junto a las autoridades competentes. 4. Se aprovechan como fuente de energía como mínimo 450,000 toneladas anuales de residuos (RSM, biomasa y NFU) y 0.8 millones de tCO_2 eq. 5. Al menos 300 recolectores integrados al coprocesamiento.

Lecciones Aprendidas: 1. Reconocer como el gobierno habilitó la participación y el dialogo entre el sector público, privado y la sociedad civil. Y logró la participación de los principales actores: empresas cementeras, de reciclaje y de residuos. 2. La necesidad de desarrollo de capacidades. 3. El diseño de la NAMA debe descansar en acuerdos interinstitucionales robustos, incluyentes, y que integren la voluntad de actores claves. 4. La capacitación de actores y la comunicación entre los actores de los sectores involucrados es la clave para alcanzar compromisos. 5. Identificar y diferenciar los socios, asociados y beneficiarios, para no crear expectativas equivocadas sobre su participación. 6. Los recursos humanos del proyecto han de tener experiencia en la dinámica de los sectores involucrados, no sólo en cambio climático.

Barreras: El potencial de las materias primas y combustibles alternos: 1. Los requisitos de carácter institucional que plantea el coprocesamiento. 2. Las reservas políticas. 3. Las zonas grises legales. 4. Las preocupaciones de la población y las ONG en relación con posibles daños ambientales y la salud.

Línea de tiempo: En dic. de 2012, el Gobierno de Alemania aprobó un proyecto de 4 años para la implementación de una NAMA con un sistema MRV en los sectores desechos y cemento. Estos sectores representan el 15% de las emisiones del país. El proyecto entró en funcionamiento en septiembre de 2013.

Evaluación de la Fuga de Carbono en el CO_2 y el Coprocesamiento

Para el cumplimiento de las políticas climáticas de República Dominicana, en específico, su NDC y su NAMA de Coprocesamiento de Residuos en el Sector Cemento, es necesario considerar el fenómeno de la "fuga de carbono", el cual consiste en el potencial desplazamiento de producción local a otros mercados, teniendo como consecuencia un incremento en las emisiones totales de CO_2 debido, principalmente, al mayor transporte que implica la importación y, además, por las mayores emisiones al proceder estas importaciones de mercados menos regulados. A nivel, global la fuga del carbono se produce principalmente en sectores transables internacionalmente e intensivos en CO_2, como por ejemplo la industria del acero, del papel y del cemento, actualmente en Europa este fenómeno está comprometiendo no sólo las metas de reducción de emisiones, sino, además, la capacidad de valorizar residuos mediante la tecnología del coprocesamiento.

En conclusión, la fuga de carbono no solo está afecta la huella de CO_2 para productos como el cemento, del papel y el acero entre otros, sino además compromete el desarrollo económico del país al perder su capacidad productiva local.

Potenciales efectos en las emisiones de CO_2 producto la fuga de carbono

En el siguiente análisis se modelan los efectos en las emisiones de CO_2 que se generarían si se reemplaza la actual producción de clínker de República Dominicana por importaciones. Para este análisis se consideraron importaciones desde tres países de Asía a modo de ejemplo.

Las emisiones de CO_2 utilizadas son las del año 2014. Para las emisiones navieras se usaron dos fuentes de información: (1) Logistics Research Centre Heriot-Watt University EDINBURGH, UK., donde se determina las emisiones de CO_2 por tipo de barco, y la (2) calculadora "Searates" para la determinación de distancias navieras entre puertos (https://www.searates.com/es/services/distances-time/).

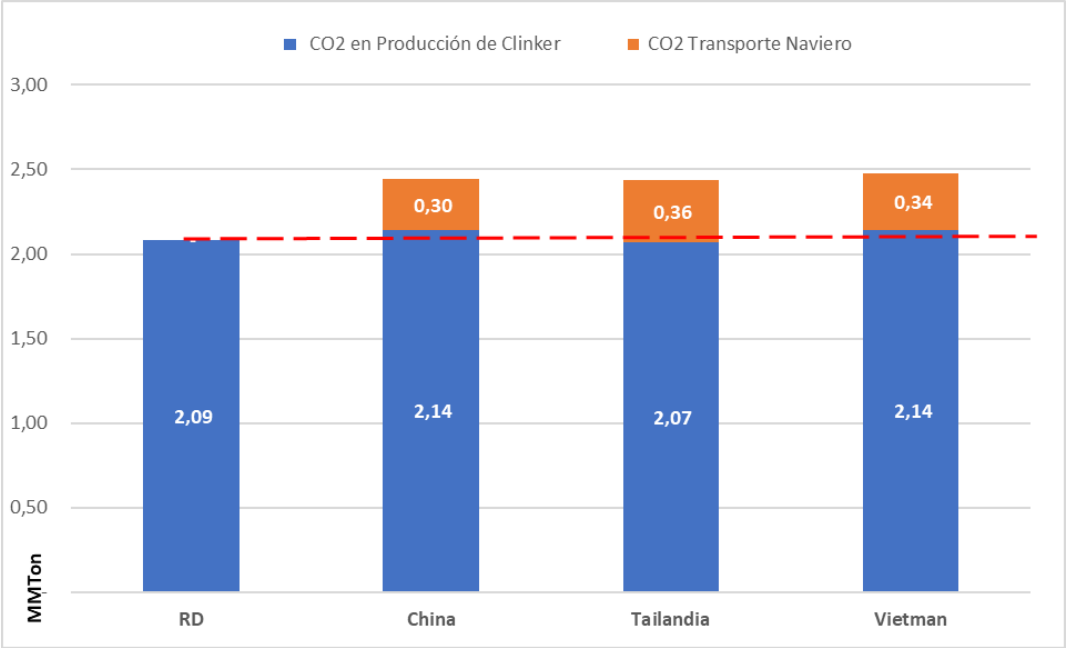
Se definió Puerto de Rio Haina y Puerto San Pedro de Macoris, como destinos finales (la diferencia de distancia es de alrededor de 100 kilómetros, lo cual tiene una incidencia porcentual menor).

El ejemplo considera que las importaciones de clínker cubrirán el total de la producción reportada en la República Dominicana que son 2,48 millones de toneladas de clínker.

Se asumió que cada país de origen suministra el 100% del producto.

Con respecto al factor de emisión de CO_2 en la producción de clínker se consideró la reportada en GNR; o el valor por omisión determinado en el Protocolo CSI 3.0 (865 Kg CO_2/ton clínker), según sea el caso. Para República Dominicana este valor es de 842 Kg CO_2/ton clínker, de acuerdo con el valor calculado en el sMRV FICEM 2014.

Figura 26. Gráfico comparativo emisiones CO_2 en la producción de Clínker República Dominicana v/s Importaciones



Algunos datos que proporciona la figura anterior son:

- El clínker con menor CO_2 es el producido por República Dominicana.
- El principal incremento es por el transporte naviero.
- El nivel de incremento de emisiones considerando transporte y producción van desde un 17% hasta un 19%.

La adecuada fijación de estrategias de desarrollo, en armonía con las estrategias nacionales, para enfrentar el cambio climático, es clave para la industria cementera dominicana. La importancia otorgada por República Dominicana a las medidas de adaptación y mitigación implica establecer el discurso y las prioridades coincidentes con estas estrategias, como sería, por ejemplo, trabajar en temas tales como: Pavimentos Resilientes, Vivienda Social e Infraestructura en general, dadas las características y ventajas del cemento como uno de los materiales de construcciones más resilientes al cambio climático todo esto en materia de adaptación y considerar para la mitigación la NAMA de coprocesamiento establecida en República Dominicana, la cual está en línea con los ejes de trabajo tanto de CSI como de FICEM.

El cumplimiento del NDC y su NAMA de Coprocesamiento de Residuos en el Sector Cemento de República Dominicana requieren considerar los efectos de la "fuga de carbono", la cual produce un incremento en las emisiones totales de CO_2, además, que puede significar la pérdida de los beneficios ambientales del coprocesamiento, por una reducción de la producción de clínker nacional.

5

Elaboración Hoja de Ruta República Dominicana FICEM

En este capítulo se presentan los resultados de la realización de los Pasos 1 al 5 para la elaboración de la HR República Dominicana, de acuerdo con lo descrito en el Capítulo 3.

El "Taller Fase 0" para la Industria del Cemento en República Dominicana se realizó en Santo Domingo, el 22 y 23 de mayo del año 2017 y el Taller de Potencial de Reducción se realizó en Santo Domingo, en septiembre del 2018. En ambos talleres participó la Asociación Dominicana de Productores de Cemento Portland (ADOCEM), representantes de las distintas empresas productoras de cemento de República Dominicana y FICEM.

En todo el proceso se contó con la activa participación de autoridades locales, asegurando una mejor adecuación de esta Hoja de Ruta a la realidad local, tanto desde la perspectiva de la producción, como del uso del cemento en República Dominicana, con especial énfasis en la obtención de los números correctos para elaborar las acciones y políticas futuras, mediante un mecanismo de medición, reporte y verificación de las emisiones de CO_2 asociadas.

Para efectos de este documento, la denominación "Reporte" o "Reporte 2014" se refiere al reporte sMRV FICEM con datos del año 2014, que se adjunta en el anexo 1, y la denominación "Reporte 2015" se refiere al reporte sMRV FICEM con datos del año 2015, adjuntado en el anexo 2. Los reportes generados se ejecutaron de acuerdo con el Protocolo sMRV FICEM y la empresa independiente PwC, en su rol de verificador externo.

Cabe señalar que el Reporte 2014 constituye la línea base de referencia para esta Hoja de Ruta.

Con la información generada por sMRV y la aplicación de la Calculadora FICEM, se determinaron los potenciales teóricos de reducción de CO_2, además de los análisis comparativos internacionales, información relevante para definir las acciones futuras de la industria, tanto en Adaptación como Mitigación a los efectos del cambio climático.

Importante es destacar la participación de la industria local en el Taller de Potencial de Reducción, en el cual se logró determinar con mayor precisión las brechas y oportunidades para alcanzar los potenciales de reducción identificados en los pasos 1 al 4 de este proceso.

Además, resaltamos el carácter prioritario, para República Dominicana y sus autoridades, de la necesidad de adaptación del país a los efectos del cambio climático, en el cual el cemento cumple un rol estratégico, dada su alta resiliencia como material de construcción y sus potenciales de reducción de CO_2 en forma directa e indirecta.

5.1 Adaptación al Cambio Climático y la Industria del Cemento

Tal como se analizó en los Talleres Fase 0 y Potencial de Reducción, Centroamérica y República Dominicana, son vulnerables a eventos climáticos, tales como huracanes, sequías, inundaciones, entre otros eventos, que han sido responsables de grandes pérdidas humanas y materiales.

Los esfuerzos de las políticas climáticas de República Dominicana apuntan a la adaptación, estableciendo fortalecer una serie de aspectos, entre los que se considera la infraestructura resiliente a los efectos del cambio climático.

Hay un especial énfasis en la generación eléctrica por los problemas de abastecimiento de República Dominicana que por años ha significado sistemas de racionamiento de energía. La infraestructura de generación eléctrica es fundamental, donde, como hemos visto en la región, para el caso de energías renovables, el cemento es un material primario para las instalaciones de energía eólica e hidráulica. Además, en el caso de generación a carbón, la industria del cemento es la solución a la disposición final de las cenizas generadas por este tipo de energía.

En relación con las necesidades de adaptación, el cemento ha demostrado su resistencia, durabilidad y disponibilidad como material de construcción que cuenta con las características adecuadas para los nuevos requerimientos.

En este sentido, la industria del cemento de República Dominicana deberá considerar acciones que contribuyan a las políticas nacionales climáticas, que están en pleno desarrollo, dada su gran experiencia en temas de infraestructura, códigos de construcción, destacándose su conocimiento en vivienda, pavimentos e infraestructura vial, entre otras, que son prioridades para la adaptación requerida por República Dominicana.

Por ejemplo, tal como plantea la CAF en su informe revisado en el capítulo 4, en el tema carreteras, en concordancia con el NDC, se deben evaluar condiciones tales como lluvias intensas, islas calóricas, taludes y fortificaciones inadecuadas, que obligan a planificar las carreteras basadas en series estadísticas climáticas de hasta 70 años, y no solo de 20 o 30 años como se ha hecho hasta ahora, por lo que los materiales con resistencia y durabilidad son centrales para estas nuevas tendencias en la planificación, siendo el cemento el material con las mejores ventajas comparativas para estos fines.

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

Sequías e inundaciones son otros de los fenómenos para los cuales República Dominicana deberá adecuar su infraestructura, donde, tal como vimos para el caso de carreteras, se deberán considerar períodos de retorno mayores a los actuales para este tipo de eventos. Infraestructura tales como represas, canales, ductos, alcantarillados, plantas de tratamiento, puentes, entre otros, son indispensables no solo para enfrentar estos eventos climáticos, sino además para asegurar un uso sostenible del recurso hídrico. Además de su resistencia y durabilidad, el cemento cuenta con características de impermeabilidad y conducción, requisitos necesarios para este tipo de infraestructura.

Nuevas necesidades asociadas a lluvias intensas han demostrado la versatilidad de la construcción en cemento, con la aparición de los pavimentos permeables, los que no solo aseguran una rápida evacuación de aguas lluvias, sino que además generan recargas hídricas en acuíferos subterráneos.

En conclusión, la Industria del cemento de República Dominicana debiera incluir en su Plan de Acción el desafío de posicionar en todas las instancias nacionales el aporte del cemento a la adaptación al cambio climático, especialmente en materias de vivienda, pavimentos, infraestructura eléctrica e infraestructura en general. Para lo anterior, contará con los papers que está elaborando FICEM: Vivienda Sostenible en concreto y Pavimentos Resilientes.

Lo anterior, implica elaborar planes que contengan acciones en los ámbitos de comunicaciones, investigación y desarrollo, como también en el relacionamiento con las autoridades técnicas del país para mejorar y fortalecer los códigos, normas o buenas prácticas en materia de construcción.

5.2
Mitigación de GEI y la Industria del Cemento

En materia de mitigación, las políticas climáticas de República Dominicana han definido en su NDC que no aportarán voluntariamente a la mitigación, pero si señalan reducciones condicionadas a aportes externos de un 25%.

Se deberá considerar lo que establece el NAMA del sector cemento, cuyo fin es lograr reducciones de emisiones mediante la valorización de residuos en la actividad de coprocesamiento. En este sentido, se debe destacar que con el coprocesamiento se contribuye a la disposición segura y definitiva de estos residuos.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la ejecución de los pasos 3, 4 y 5, dentro de los que se destacan la línea base emisiones, reducción alcanzadas y potencial de reducción al 2030, ejes de reducciones y tecnologías asociadas. Los antecedentes para este ejercicio son los resultados obtenidos en el Reporte República Dominicana de fecha 7 de diciembre de 2018, validado por PwC (anexo 2) y la información disponible de la Calculadora FICEM.

Durante el proceso de elaboración de Hoja de Ruta se han sostenido reuniones con la autoridad de República Dominicana, producto de estos diálogos climáticos la autoridad ha podido conocer los aportes de la industria, los cuales no solo se limitan a la contribución en la mitigación directa de gases GEI, sino al aporte en disminuciones de emisiones por el uso del cemento en sectores tan importantes como vivienda, infraestructura eléctrica e infraestructura en general.

5.2.1

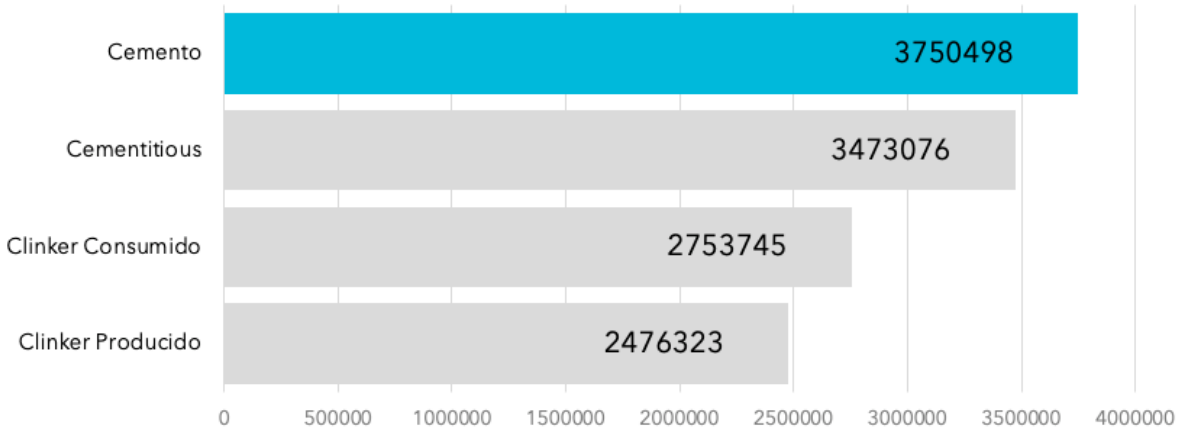
Producción de cemento y emisiones de CO_2

Producción de Cemento

De acuerdo con el sMRV, la producción de cemento de República Dominicana (al año 2014) considerada en el reporte fue de 3,75 millones de toneladas, esto representa el 75% del total de cemento producido en país, que fue un total de 5 millones de toneladas aproximadamente (de acuerdo con información de Adocem), por lo que se cuenta con un Reporte con alta representatividad, superior incluso al porcentaje de reportabilidad de GNR para Centroamérica, de un 63% en 2014.

La siguiente figura muestra los principales indicadores de República Dominicana.

Figura 27. Principales Indicadores de producción República Dominicana 2014 en toneladas por año.



Se puede apreciar que existe mayor clínker consumido que producido. Esto significa que hay un 10% de clínker externo equivalente a 277.422, cuyo CO_2 asociado no se considera en el Alcance 1 de nuestros indicadores ni en el indicador cementitious, de acuerdo con los protocolos de referencia. Este CO_2 si se ve reflejado en las emisiones Alcance 3 del indicador cemento que forma parte del Reporte. Toda esta información fue considerada al momento de hacer los análisis de potencial de reducción.

Del mismo modo, podemos apreciar que existen 1.001.843 ton de cemento producidas por sobre el clínker consumido, esto es efecto de las adiciones.

Con respecto al Reporte 2015 la producción de cemento y el clínker consumido llegan a 4.132.444 ton y 3.028.923 ton, respectivamente, mientras que la producción de cementitious y el clínker producido llegan a 3.867.785 ton y 2.764.264 ton, respectivamente.

5.2.2

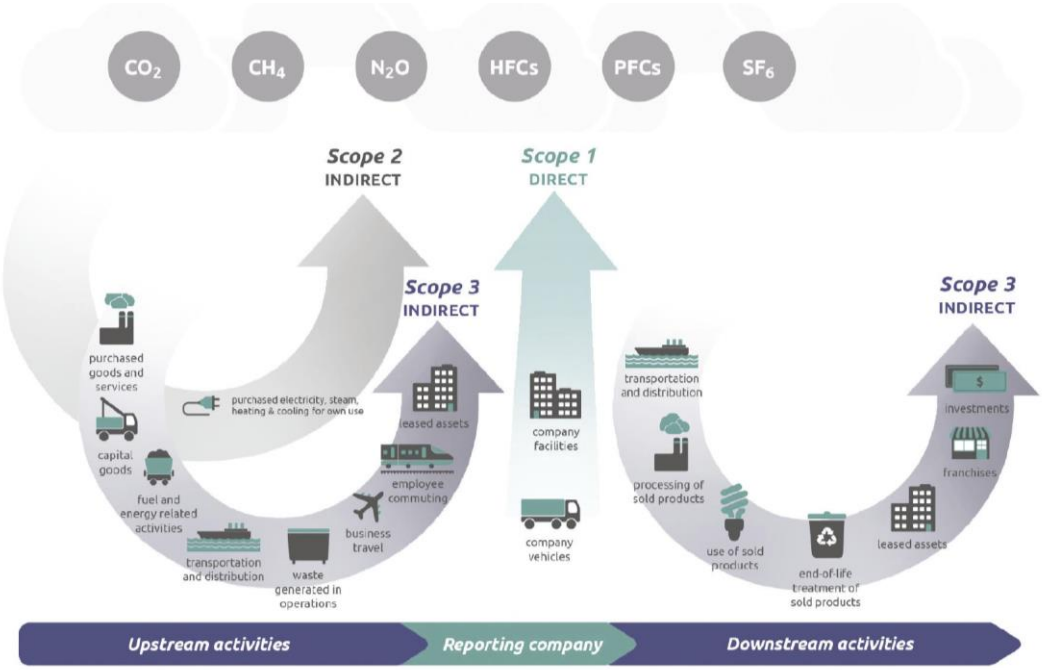
Emisiones de CO_2: Cementitious, Clínker y Cemento

Conocer las emisiones de CO_2 en sus distintos alcances y orígenes es fundamental para determinar las trayectorias pasadas y futuras de estas emisiones. Contar con la información desagregada facilita analizar las tecnologías disponibles, costos e inversiones, para definir de mejor manera los potenciales de reducción existentes.

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

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

- **Emisiones Directas:** provenientes de fuentes propias o controladas por la compañía.
- **Emisiones Brutas:** total de emisiones directas de CO_2 de una planta o compañía, incluyendo el CO_2 de la parte fósil de los residuos usados como combustible, pero excluyendo biomasa y la emisión por generación eléctrica on-site.
- **Emisiones Netas:** Emisiones brutas menos todo el CO_2 de la combustión de residuos (fósil o biomasa).



CO_2 en la producción de Cementitious

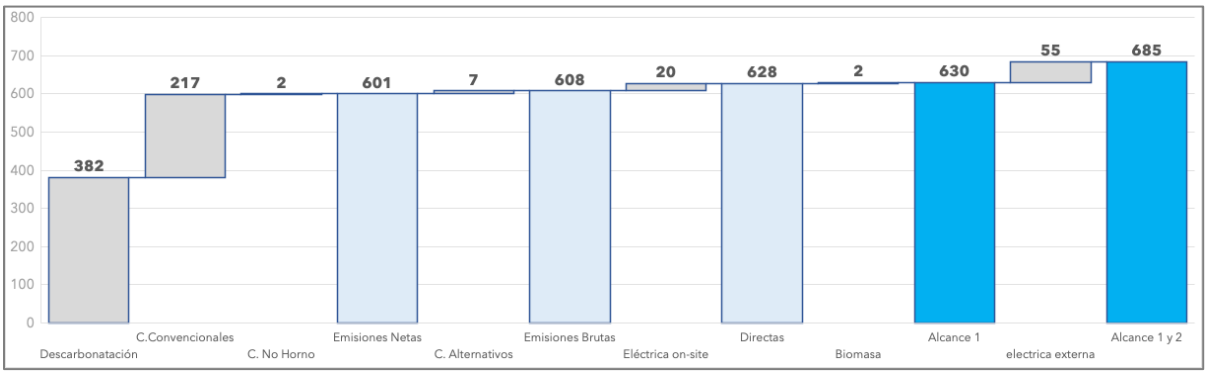
En la siguiente figura se observan las intensidades de emisión de CO_2 desagregadas para la producción de cementitious, entendido el cementitious como la producción total de clínker, más la producción de los componentes minerales del cemento producido y sustitutos del cemento.

Destacamos que, de acuerdo con el Reporte, la producción de cementitious en República Dominicana para el año 2014 fue de 3.755.588 toneladas.

Estas emisiones son relevantes puesto que son consideradas como emisiones directas y son la base de las trayectorias definidas en Roadmap CSI 2018 y los Papers ECRA 2017.

Hacemos presente, que este indicador está afectado por el clínker externo en República Dominicana que alcanza las 277.422 toneladas (10% del total de producción de clínker), donde el CO_2 no se ve reflejado.

Figura 28. Emisiones CO_2 cementitious (Kg CO_2/ton cementitious) República Dominicana (año base 2014) – Alcances 1 y 2



Al comparar el aporte de emisiones en los Alcances 1 (630 Kg CO_2/ton cementitious) y Alcance 2 (55 Kg CO_2/ ton cementitious), el 92% de las emisiones se concentran en el Alcance 1, lo que está en línea con las referencias internacionales que indican que las emisiones directas hacen la mayor contribución a las emisiones totales en la producción de cementitious, y que, además, el aporte del Alcance 2 (generación eléctrica externa) representa solo el 8% de las emisiones, siendo este porcentaje menos significativo que en otro tipo de industrias.

La descarbonatación representa el 61% de las emisiones Alcance 1 y el 56% de las emisiones Alcance 1 y 2.

Los combustibles representan el 35% de las emisiones Alcance 1 y los combustibles alternativos solo representan el 1,1% de este mismo Alcance. Lo anterior explica la baja diferencia entre Emisiones Netas y Brutas.

Al comparar estos indicadores, con los datos del Reporte 2015, podemos señalar que las cifras se mantienen similares a excepción de la Generación Eléctrica on-site que en el año 2015 baja a 0.

Tabla 5. Emisiones de CO_2 en toneladas Alcance 1 y 2

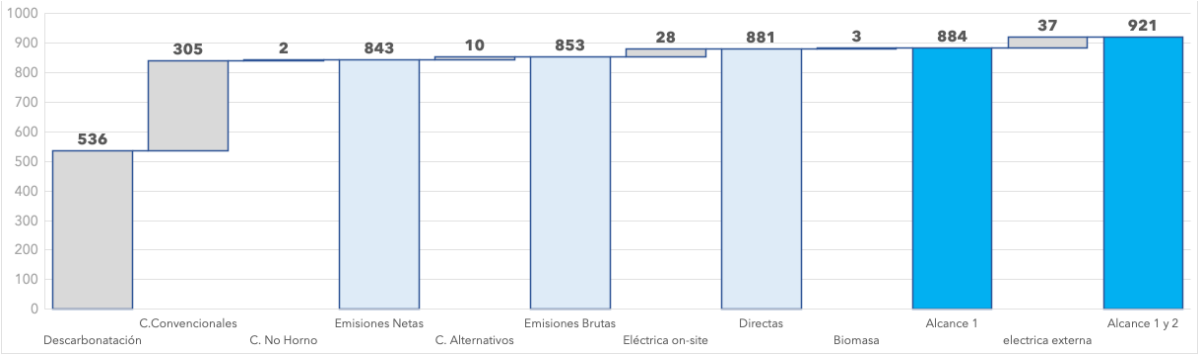
Alcance 1	**2.186.440**
Alcance 2	192.443
Alcance 1 y 2	2.378.883

CO_2 en la Producción de Clínker

En la siguiente gráfica se observan las emisiones desagregadas de la producción de clínker, entendido como la producción de clínker total en hornos propios, independiente del uso o destino.

Destacamos que, de acuerdo con el Reporte, la producción de clínker, para el año 2014, fue de 2.476.323 toneladas.

Figura 29. Emisiones CO_2 Clínker (Kg CO_2/ton clínker) República Dominicana (año base 2014) – Alcances 1 y 2



La intensidad de emisión del Alcance 1 (884 Kg CO_2/ ton clínker) está afectada por la energía eléctrica on-site.

Con respecto a las emisiones netas y brutas (843 y 853 Kg CO_2/ ton clínker, respectivamente), ambas se encuentran por debajo del valor establecido por CSI como valor por defecto para estimar las emisiones de clínker comprado (865 Kg CO_2/ton clínker).

La incidencia del Alcance 2 es menor que en cementitious y se encuentra en el orden del 4%, lo que se explica por no incluir el consumo eléctrico de los procesos de molienda de cemento en este indicador, y, además, por el porcentaje de generación de energía eléctrica interna.

Al igual que en el caso de cementitious, la mayor proporción de emisiones se concentra en el proceso de descarbonatación, alcanzando el 61% del Alcance 1 y el 60% de ambos Alcances.

Al comparar estos indicadores con los datos del Reporte 2015, podemos señalar que las cifras se mantienen similares a excepción de la Generación Eléctrica on-site, que en el año 2015 baja a 0, y la electricidad externa que sube de 37 a 50 en el año 2015.

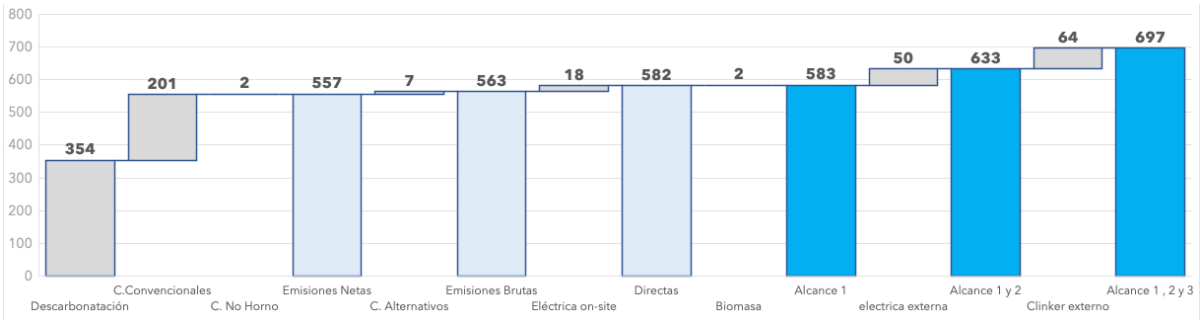
Tabla 6. Emisiones de CO_2 en toneladas Alcance 1 y 2

Alcance 1	**2.188.599**
Alcance 2	91.352
Alcance 1 y 2	2.279.951

CO_2 en la Producción del Cemento

Este indicador fue desarrollado por el sMRV FICEM y busca representar la huella de CO_2 del producto. En su Alcance 3, este indicador considera solo el aporte de las emisiones de CO_2 del clínker externo en la medida que el clínker consumido sea mayor que el clínker producido. En la siguiente gráfica se muestran las distintas categorías de intensidad de emisiones de CO_2 en la producción de cemento en República Dominicana, agrupadas por tipos (netas, brutas y directas) y por alcances 1 y 2, de acuerdo con el sMRV FICEM.

Figura 30. Emisiones CO_2 cemento (Kg CO_2/ton cemento) República Dominicana (año base 2014)



Al comparar el aporte de emisiones en los Alcance 1 (583 Kg CO_2/ton cemento), Alcance 2 (50 Kg CO_2/ton cemento) y Alcance 3 (64 Kg CO_2/ton cemento), el 84% de las emisiones se concentra en el Alcance 1. Al igual que en los casos anteriores, el Alcance 2 tiene una baja participación (7%). El Alcance 3, que sólo considera el clínker externo, tiene una incidencia del 9%.

Es importante destacar que en el alcance 3 existen otras emisiones no consideradas, por ejemplo "aguas arriba" (emisiones de la actividad minera, transporte de clínker y otras materias primas, preparación de combustibles, entre otras), y "aguas abajo" (principalmente la distribución y el uso del cemento).

Al comparar estos indicadores, con los datos del Reporte 2015, podemos señalar que las cifras se mantienen similares a excepción de la baja en la Generación Eléctrica on-site, que en el año 2015 baja a 0. Por otra parte, en el año 2015 la electricidad externa sube de 50 a 64 Kg CO_2/ton cemento.

Tabla 7. Emisiones de CO_2 en Toneladas Alcance 1 y 2

Alcance 1	**2.187.328**
Alcance 2	187.262
Alcance 3	239.657
Alcances 1, 2 y 3	2.614.247

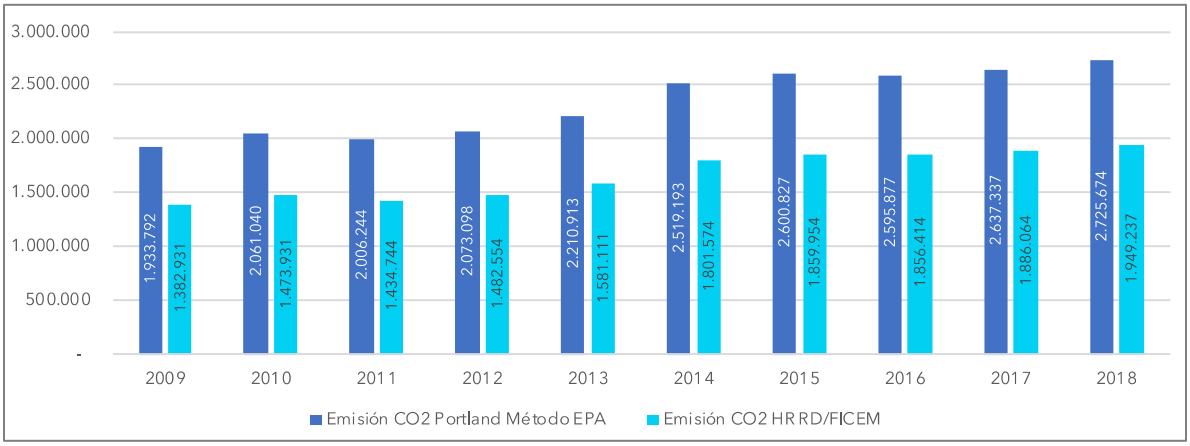
Comparación de Cálculo de Emisiones de CO_2 por Descarbonatación Hoja de Ruta República Dominicana FICEM vs Método EPA para Cemento Portland

Utilizando la data pública de producción de cemento del Departamento de Cuentas Nacionales y Estadísticas Económicas de República Dominicana indicados en figura anterior, se ha proyectado las emisiones de CO_2 por descarbonatación de acuerdo con el factor de emisión por defecto de CO_2 EPA para cemento Portland (502 Kg CO_2/ton cemento) versus el mismo indicador de la presente Hoja de Ruta contenido en el anexo 1 (359 Kg CO_2/ton cemento).

Es importante destacar que el factor EPA es un 40% mayor que el valor calculado por FICEM y verificado por PwC para el año 2014. Por ejemplo, esta diferencia sobrestimaría las emisiones para este mismo año en más de 717 mil toneladas de CO_2 y si consideráramos el periodo completo analizado este diferencial alcanzaría 6,6 millones de toneladas de CO_2.

En la siguiente figura se puede apreciar el resultado de esta modelación.

Figura 31. Estimación de emisiones de CO_2 por descabonatación método EPA vs HR RD/FICEM en toneladas de CO_2



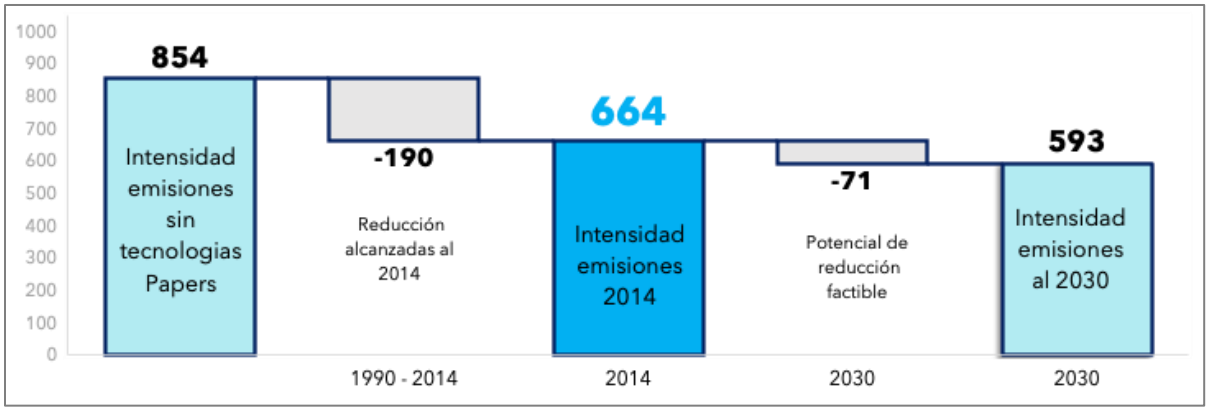
5.2.3

Reducción de emisiones y Potencial de Reducción por ejes

Como resultado del Taller de Potencial de Reducción en República Dominicana, y la aplicación de la herramienta Calculadora FICEM (en específico, el módulo de los PAPERS ECRA 2017), se estimaron cuáles son las reducciones de emisiones de CO_2 ya efectuadas por la industria del cemento dominicana hasta el año base 2014 y el Potencial de Reducción al año 2030.

Para este análisis se utilizó como indicador base las emisiones de CO_2 año 2014 para la producción de cementitious Alcance 1 y 2, lo que considera las emisiones directas e indirectas asociadas a la electricidad externa.

Figura 32. Reducciones al 2014 y potencial de reducción al 2030 (Kg CO_2/ton cementitious) – Alcances 1 y 2



En la gráfica anterior se puede apreciar que la producción de cemento en República Dominicana ha logrado una importante reducción estimada en un 22% con respecto a un escenario sin implementación de los Papers ECRA 2017, que, de acuerdo con el Reporte, alcanzarían los 854 Kg CO_2/ton cementitious. El Potencial de Reducción 2030 es también relevante, siendo de un 11% con respecto a la Línea Base 2014, por lo cual las emisiones proyectadas al año 2030 alcanzarían a los 593 Kg CO_2/ton cementitious.

En las siguientes gráficas se muestran los aportes por ejes a las reducciones alcanzadas y proyectadas.

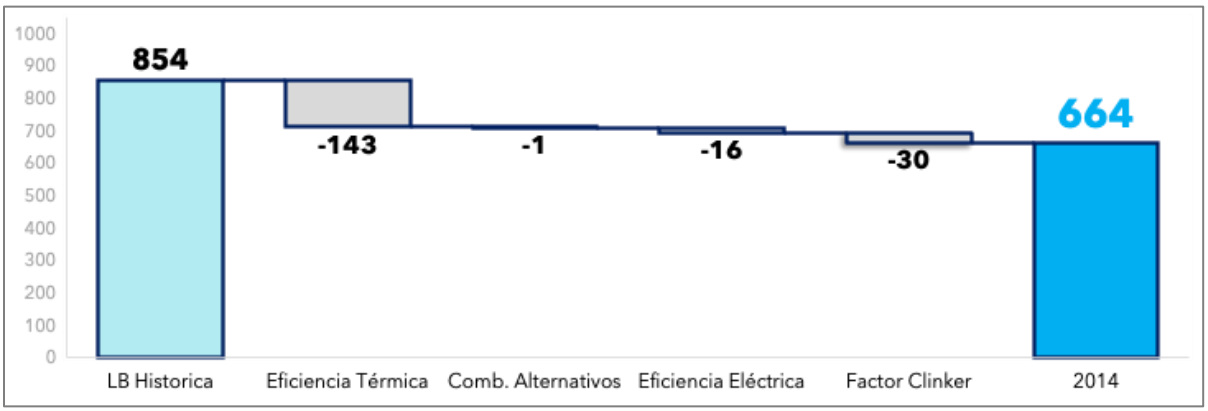
Reducciones alcanzadas al 2014 por eje

Considerando los criterios ya indicados, se modelaron las reducciones alcanzadas al año base 2014 por eje: eficiencia térmica, combustibles alternativos, eficiencia eléctrica y factor clínker. Es importante destacar el aporte que representa cada eje de reducción, con el fin de focalizar los esfuerzos futuros en reducción de emisiones asociadas.

Se determinó que se alcanzó, al 2014, una reducción de 190 Kg CO_2/ton cementitious, lo que equivale a un 22% de reducción con respecto a la línea base.

La siguiente gráfica indica las reducciones de emisiones Alcance 1 y 2 para la producción de cementitious por eje.

Figura 33. Reducciones alcanzadas al 2014 por eje (Kg CO_2/ton cementitious) – Alcances 1 y 2



Se puede apreciar que el 75% de las reducciones se concentran en el eje Eficiencia Térmica, el 15% corresponde al Factor Clínker, un 9% corresponde al eje Eficiencia Eléctrica, mientras que sólo el 0,4% corresponde al Coprocesamiento. De acuerdo con la aplicación de la Calculadora FICEM, las principales tecnologías que contribuyen a esta reducción son resultado del uso de Hornos eficientes y enfriador de clínker eficiente (eficiencia térmica), del uso de puzolana y otras adiciones en el cemento (factor clínker), optimización y automatización de plantas (eficiencia eléctrica), entre otras.

En la siguiente tabla de identifican los papers que contribuyen a las reducciones indicadas.

Figura 34. Potencial de reducción obtenida por cada paper aplicado hasta el año 2014

Aplicación de Tecnologias para reducir CO2 PAPERS-ECRA 2017	Alcanzadas 2014 alcances 1 y 2
TOTAL Reducciones	**190**
Eficiencia Termica	**143**
2. Cambio de hornos largos a hornos con precalentador / precalcinador	**116**
5. Aumento de la capacidad del horno	**5**
6. Reemplazo de quemador mono canal a quemador moderno multicanal	**4**
8. Enfriador de clínker de tecnología eficiente	**17**
Combustibles Alternativos	**1**
14. Combustibles alternativos (incluye biomasa), reemplazando combustibles fósiles convencionales	**1**
Eficiencia Eléctrica	**16**
18. Optimización en el control y automatización de plantas	**10**
19. Variadores de velocidad	**3**
20. Eficiencia del sistema auxiliar de aire	**1**
23. Molienda de cemento con molinos de rodillos verticales y prensas de rodillos	**-1**
24. Separadores de alta eficiencia	**1**
25. Optimización de los parámetros de funcionamiento de los molinos de bolas	**1**
30. Uso optimizado de los aditivos para molienda	**1**
Factor Clinker	**30**
34. Reducción adicional del contenido de clínker en el cemento mediante el uso de ceniza volante	**2**
35. Reducción adicional del contenido de clínker en el cemento mediante el uso de puzolanas naturales	**14**
37. Reducción adicional del contenido de clínker en el cemento mediante el uso de otros materiales	**14**

Es importante destacar el nivel de reducciones de emisiones alcanzadas por la industria del cemento de República Dominicana al año 2014, esto es de un 22% comparado con la Línea Base Histórica.

El Consumo Térmico contribuye con más del 75% y el Factor Clínker con más del 15% de las reducciones alcanzadas, por efecto de no uso de hornos ineficientes y el uso de adiciones en reemplazo de clínker.

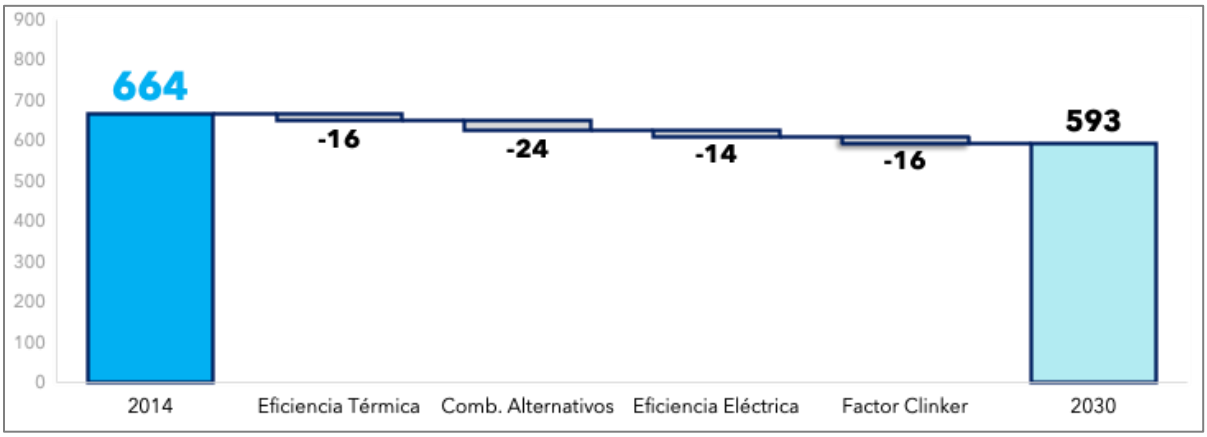
El Coprocesamiento tiene un mínimo impacto y no supera el 1% de las reducciones alcanzadas, lo que se condice con el bajo porcentaje de coprocesamiento (4%) alcanzando al año 2014 por República Dominicana.

Potencial de Reducción 2014 - 2030 por eje

Considerando las tecnologías de reducción de emisiones ya implementadas al 2014, y evaluando la factibilidad técnica y económica de la implementación de nuevas tecnologías, se determinó que existe un potencial de reducción de 70 Kg CO_2/ton cementitious, lo que representa un 11% de reducción respecto al 2014, siendo adicional al 22% ya alcanzado.

La siguiente gráfica indica el potencial de reducción de emisiones (Alcance 1 y 2) por eje para la producción de cementitious en República Dominicana al 2030.

Figura 35. Potencial de reducción al 2030 por eje (Kg CO_2/ton cementitious) – Alcances 1 y 2



Se aprecian los aportes al potencial de reducción por eje al año 2030, donde todos los ejes tienen un aporte relevante. El eje Coprocesamiento aporta con un 34%, Factor Clínker y Eficiencia Térmica contribuyen con un 23% cada uno y, por último, Eficiencia Eléctrica aporta con un 20%.

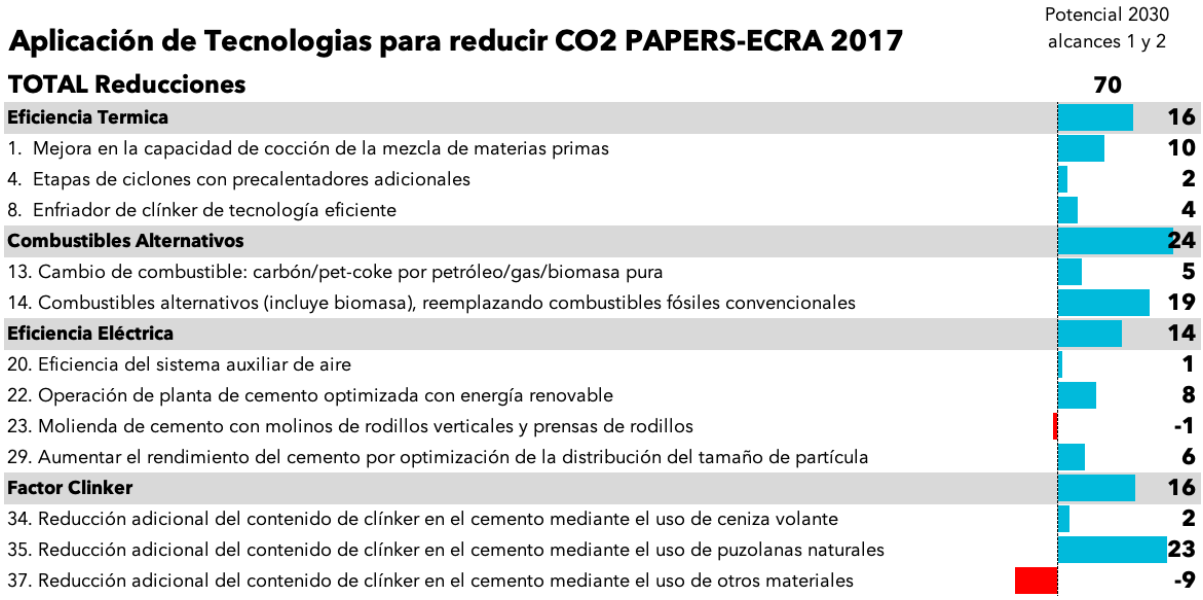
Se destaca la participación futura del coprocesamiento, que al 2014 sólo aportaba con menos del 1% de las reducciones y se proyecta contribuyendo con más de un tercio de las proyecciones futuras. Este esfuerzo de la industria se encuentra en línea con la NAMA de coprocesamiento señalada en el Capítulo 4. Se debe tener presente que, para alcanzar estas metas, tal como lo plantea el informe FICEM de marcos regulatorios, se requiere de políticas públicas que fortalezcan la actividad de coprocesamiento.

Con respecto al Factor Clínker, al año 2030 se proyecta una gran participación de puzolana la cual compensa la reducción del uso de otras materias, y, además, se considera seguir incrementado el uso de cenizas volantes.

En el Potencial de Reducción: la Eficiencia Térmica destaca la mejora en la cocción de la mezcla de materias primas, en la Eficiencia Eléctrica destaca el uso de energías renovables y por la optimización en la distribución del tamaño de partícula.

En la siguiente figura de identifican los papers que contribuyen a las reducciones indicadas.

Figura 36. Potencial de reducción obtenida por cada paper aplicado desde el año base 2014 hasta el año 2030



El potencial de reducción se estima en un 11% al año 2030, que, sumado las reducciones (22%) alcanzadas al 2014, hace que el total de reducciones alcance el 33%, lo que está en el orden de las proyecciones de CSI al 2030 de disminución de intensidad de emisiones de un 32%.

Del 11% de potencial de reducción al año 2030, un tercio lo aportará el eje de Coprocesamiento, lo que implicará un aumento significativo con respecto al 4% actual.

Se debe tener presente que, de acuerdo con la experiencia internacional, gran parte del éxito del eje de Coprocesamiento radica en colaborar con las autoridades para construir marcos normativos que estimulen la valorización de residuos y la economía circular.

El factor clínker aportará con un cuarto del potencial de reducción, fundamentalmente por el aumento de uso de puzolana.

La Eficiencia Térmica aportará en igual medida que el factor clínker al potencial de reducción, básicamente por la optimización de los hornos y la mezcla de materias primas.

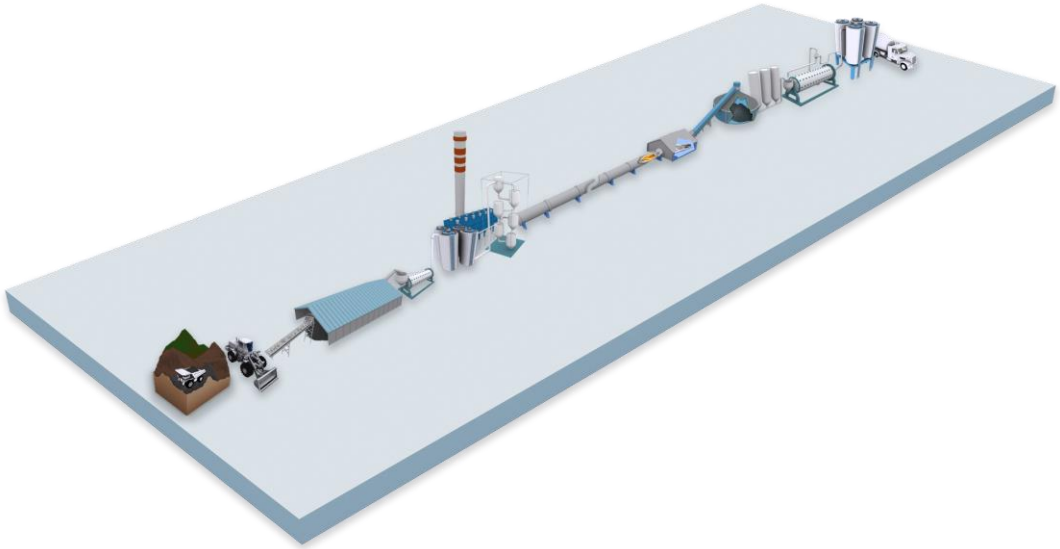
Finalmente, la Eficiencia Eléctrica contribuirá con un quinto de las reducciones destacando el uso de energías renovables y la optimización en la molienda.

5.3
Análisis comparativo de los principales ejes HR

De acuerdo con lo establecido en la Hoja de Ruta FICEM, los principales indicadores que se utilizaron para determinar la trayectoria de las emisiones de CO_2 en la producción de cemento son: la intensidad de emisión de CO_2 en la producción de cementitious, Factor Clínker, Combustibles Alternativos, Eficiencia Térmica y Eficiencia Eléctrica. Estos indicadores son adicionales a los de producción de clínker, cementitious y cemento, ya revisados previamente. Los ejes de captura y uso de CO_2 (CCU y CCS) no se consideraron en este documento por no existir estadísticas a nivel industrial en la región.

A continuación, se realizan los análisis comparativos con la información disponible en GNR y del Roadmap CSI 2018, El siguiente cuadro resume las trayectorias de los principales indicadores de acuerdo con el Roadmap, que fueran tratados en el Capítulo 1 del presente documento.

Figura 37. Diagrama esquemático del proceso de fabricación de cemento



Comparativo Emisión Cementitious República Dominicana vs GNR

Este indicador es considerado el más importante para estimar los factores de emisión de CO_2, dado que en su producción se generan el total de las emisiones directas de CO_2 de una planta. Este indicador se representa en kilogramos de CO_2 emitidos versus las toneladas de cementitious producido. Para República Dominicana, este indicador alcanza 609 Kg CO_2/ton cementitious (Emisiones Brutas Cementitious comparables en GNR).

La siguiente gráfica muestra la comparación de las emisiones del producto cementitious con otros países y/o regiones reportados en GNR.

Pais / Región	Kg CO2/ton cementitious
Austria	558
Brasil	572
Alemania	574
India	583
Latinoamérica	588
República Dominicana	**609**
Polonia	617
Reino Unido	618
Francia	621
Central America	652
Asia (n.e.c.)/Oceania	655
China/Korea/Japan	657
Tailandia	697
Egipto	699
España	718
CIS	726
Middle East	726
Estados Unidos	749

República Dominicana se encuentra en una situación intermedia baja con sus 609 Kg/CO_2 ton cementitious, este indicador es un 9% más alto que el país de más baja emisión (Austria) y un 19% menor que el país con más alta emisión (Estados Unidos). El promedio mundial reportado en GNR alcanzó los 616 KgCO_2/ton cementitious.

Como señalamos, este indicador está influenciado por la participación del clínker importado que alcanza al 9% de la producción de clínker, por lo cual si sólo hubiera clínker local este indicador debiera subir en la misma magnitud que la incidencia del clínker externo.

De acuerdo con el Reporte 2015, el indicador cementitious (Emisiones Brutas) aumentó a 611 Kg/CO_2 ton cementitious.

El Roadmap CSI 2018 establece que la producción de cemento mundial deberá tener un promedio de 520 Kg/CO_2 ton cementitious al 2030 y de 370 Kg/CO_2 ton cementitious al 2050, por lo que fija un desafío mayor para la industria de República Dominicana. No obstante, este indicador CSI es un promedio mundial por lo que realidades como la de República Dominicana, de alta demanda de infraestructura y de características resilientes, no necesariamente permita producir un cemento con tan bajos niveles de intensidad de emisión.

El Indicador de Emisión de Cementitious de República Dominicana está sobre el promedio de Latinoamérica. Este indicador es considerado intermedio bajo a nivel GNR. No obstante, si se considerará el efecto del clínker externo este indicador podría subir llegando a ser considerado intermedio a nivel mundial.

Este indicador proyectado al 2030, se encuentra por sobre las metas del Technology Roadmap CSI que son 520 Kg/CO_2 ton cementitious de intensidad de emisión. En este sentido, es importante, además de los esfuerzos que está haciendo República Dominicana en Coprocesamiento, Eficiencia Térmica y Factor Clínker, seguir investigando nuevas tecnologías para la mitigación de sus emisiones.

Comparativo Factor Clínker República Dominicana vs GNR

El Factor Clínker se define como la razón entre la cantidad total de clínker consumido al año para producir cemento, independiente del origen del clínker y la cantidad total de cemento producido al año. En el Reporte, el Factor Clínker de República Dominicana es de un 73% promedio, además existen registros con un factor mínimo de 63% y un máximo de un 76%.

En la siguiente figura se compara el Factor Clínker de República Dominicana con países y regiones reportados en GNR.

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

El promedio de República Dominicana (73%) demuestra un mejor desempeño que la media reportada en GNR, y se acerca a los países y regiones de mejor desempeño para este indicador.

Además, es importante destacar que este eje es responsable de casi el 37% de las reducciones totales proyectadas por CSI al año 2050, en donde cada punto de reducción equivale, aproximadamente, a una tonelada evitada de CO_2.

Por otro lado, si comparamos este indicador, por ejemplo, con Estados Unidos, se observa un evidente mejor desempeño, sin embargo, al analizar este último mercado, el alto porcentaje de clínker en el cemento se relaciona a la fabricación del cemento Portland, y a la posterior dosificación de adiciones en la producción de concreto, por lo cual el efecto de reducción de CO_2 se alcanza en otro punto del ciclo de vida del cemento. Es importante considerar esta experiencia dado que, a futuro, y debido a la demanda de cemento de alto desempeño, este tipo de condición también podría replicarse en República Dominicana.

De acuerdo con el Reporte 2015, el factor clínker no tuvo variaciones manteniéndose en un 73%.

Se debe tener presente que reducir este indicador implica estrategias complejas para la industria, tal como se ha documentado en las Hojas de Ruta de CSI, Brasil e India, y que forman parte de los principales desafíos de dichos proyectos. Las principales barreras identificadas son: mantener la calidad del producto, disponibilidad de materias primas alternativas, marcos regulatorios y aceptación del mercado de estas mejoras tecnológicas. En resumen, el 73% alcanzado por República Dominicana ha significado importantes disminuciones de CO_2 gracias a las adiciones en el cemento. Las metas fijadas por la industria global del cemento al año 2030 y 2050, 64% y 60% respectivamente, plantean un desafío aún mayor en materias de tecnología e innovación para la industria de República Dominicana. No obstante, en República Dominicana, existe un gran déficit de infraestructura y requerimientos de construcción resiliente, lo que complejiza aún más estas proyecciones futuras. Estos antecedentes fueron considerados para la aplicación de los papers en el Taller de Potencial de Reducción.

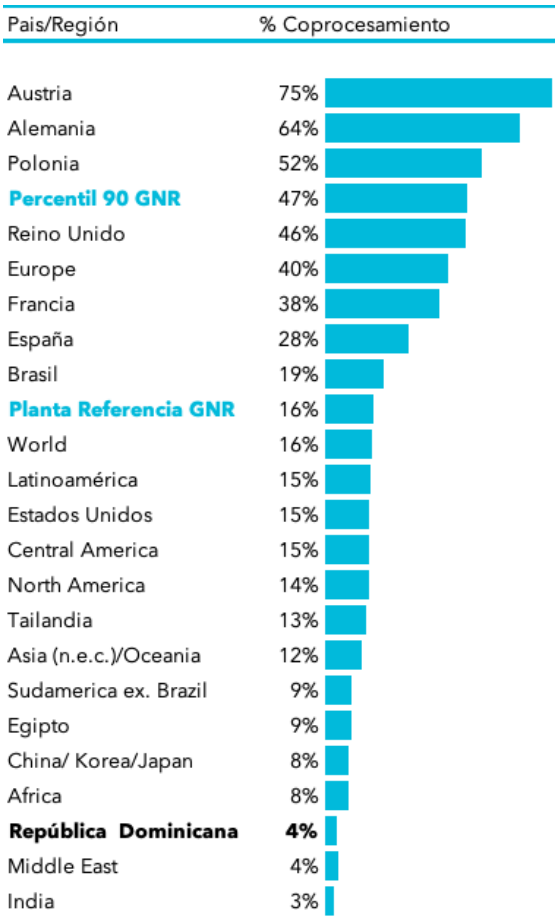
El Factor Clínker de la República Dominicana es del 73%, bajo el porcentaje de la Planta de Referencia de GNR. República Dominicana ha logrado este nivel por la incorporación de adiciones tales como puzolona y otras materias materias primas, como también por el menor aporte de cenizas volantes.

En su estimación de potencial de reducciones al año 2030, la industria del cemento de República Dominicana sigue aumentando el nivel de adiciones, en especial, puzolana y también, en menor medida, el uso cenizas volantes.

Comparativo Coprocesamiento República Dominicana vs GNR

El Coprocesamiento se define como la razón entre cantidad total de energía térmica asociada a combustibles alternativos y biomasa utilizada al año y la cantidad total de energía térmica utilizada al año, considerando solo las plantas integradas. El Factor de Coprocesamiento en República Dominicana es de un 4%, con un mínimo de 0% y un máximo de un 7%.

En la siguiente figura se compara el porcentaje de coprocesamiento de República Dominicana con países y regiones reportados en GNR



El promedio de la República Dominicana está muy por debajo de la media mundial (16%) reportada por GNR.

República Dominicana se encuentra en el grupo de países o regiones con más bajo promedio de coprocesamiento, por ejemplo, Medio Oriente e India no superan el 4%. Sudamérica tiene un porcentaje de Coprocesamiento de 9%. Por otra parte, los países de mejor desempeño superan ampliamente el 40%, destacándose Austria y Alemania con indicadores de 75% y 64% respectivamente.

Considerando que el 4% de Coprocesamiento se encuentra muy por debajo de la media mundial de GNR y por debajo de las proyecciones de CSI 2030 y 2050 que son 17,5 y 30% respectivamente, existe un importante potencial de reducción para República Dominicana. Además, este eje no sólo aporta a la reducción de CO_2, sino que también es una alternativa segura de eliminación final de residuos mediante su valorización energética, por ello todas las Hojas de Ruta de la Industria del Cemento consideran este eje prioritario, dado su doble beneficio ambiental.

De acuerdo con el Reporte 2015 el eje coprocesamiento se incrementó en un punto porcentual, llegando al 5,4%.

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

Dado los bajos porcentajes de Coprocesamiento en República Dominicana que van desde el 0% al 7%, además de la importancia del Coprocesamiento a nivel global, nos indica que este eje debe ser evaluado exhaustivamente con el fin de revisar los potenciales de cada planta.

Se deberá considerar también lo que establece el NAMA del sector cemento, cuyo fin es lograr reducciones de emisiones mediante la valorización de residuos en la actividad de coprocesamiento.

En resumen, el eje de Coprocesamiento dado el bajo porcentaje de República Dominicana representa una gran oportunidad puesto que alcanzar un 40% de Coprocesamiento puede significar una reducción de un 8% de las emisiones totales de CO_2 del país. Llegar a tasas de sustitución del nivel de Austria podrían, incluso, duplicar este porcentaje de reducción

El porcentaje de coprocesamiento alcanzado por República Dominicana es un 4%, porcentaje que es muy bajo comparado con la media mundial reportada en GNR. La brecha es aún mayor al compararlo con las metas del Technology Roadmap CSI 2030 y 2050 (17,5% y 30%, respectivamente).

Es importante destacar los logros alcanzados por Alemania y Austria, que, de acuerdo con estudios realizados por FICEM, además de los esfuerzos de la industria del cemento, están relacionados con las políticas públicas que han incentivado la valorización de residuos, desestimulado los rellenos sanitarios.

La importancia del impulso a este eje radica en el alto potencial de reducción de CO_2 disponible, sino que también genera el doble beneficio ambiental de la reducción de CO_2 señalada y, además, la eliminación segura de residuos.

Comparativo Consumo Térmico República Dominicana vs GNR

El Consumo Térmico se define como la razón entre el consumo térmico total en horno de todas las plantas integradas de un país y la cantidad total de clínker producido. El Consumo Térmico promedio de República Dominicana es de 3440 MJ/ton clínker, este indicador sólo es aplicable a las Plantas Integradas. En República Dominicana existe un registro mínimo de consumo de 3275 MJ/ton y un registro máximo de 3531 MJ/ton.

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

País/Región	MJ / Ton clinker
Percentil 10 GNR	3000
India	3099
China / Korea/Japan	3275
Tailandia	3302
Asia (n.e.c.)/Oceanía	3362
Medio East	3410
República Dominicana	**3440**
Brasil	3496
Planta Referencia GNR	3510
Mundo	3510
Latinoamérica	3592
España	3614
Sudamérica ex. Brasil	3648
Central América	3671
Reino Unido	3707
Europea	3732
Polonia	3748
Alemania	3762
África	3777
Austria	3800
Estados Unidos	3823
North América	3858
Francia	3889
Egipto	3995
Percentil 90 GNR	4100

República Dominicana tiene un Consumo Térmico que está bajo el promedio global de las plantas GNR (3510 MJ/ton), y está por debajo del promedio de Centroamérica GNR (3671 MJ/ton). En República Dominicana el registro mínimo es de 3275 MJ/ton, lo que está en el orden de países como China. El registro máximo alcanza a los 3531 MJ/ton, comparable con el promedio mundial de GNR.

Lo anterior es consistente con el tipo de horno en la producción de clínker en República Dominicana, caracterizado como un proceso en seco, con un precalcinador, un precalentador de ciclones de múltiples etapas y quemadores multicanal, lo que asegura los mejores niveles de rendimiento energético disponibles, esto es de 3.0-3.4 GJ/ton clínker. Esto implica un bajo potencial de reducción de CO_2 para este eje, dado que las mejoras significativas solo serían posibles mediante el reemplazo de los hornos existentes, lo que no se justifica exclusivamente para reducir CO_2. El reemplazo de hornos se produce por condiciones de mercado y/u obsolescencia de equipos, tal como lo señala la Hoja de Ruta de CSI.

De acuerdo con el Reporte 2015 el Consumo Térmico se incrementó levemente hasta llegar a los 3453 MJ/ton.

.

Se debe tener en cuenta que la implementación de otros ejes de reducción, como coprocesamiento, pueden incluso aumentar el consumo de energía térmica. Por ejemplo, un mayor uso de combustibles alternativos (del 6% al 30% a nivel mundial para 2050 en el 2DS), generalmente con un contenido calórico más bajo, resulta en un aumento de la demanda de energía térmica específica de clínker (un adicional de 0,11 GJ/t a nivel mundial para el 2050).

Los 3440 MJ/ton clínker alcanzados en República Dominicana están dentro de las mejores prácticas mundiales, básicamente por contar con la tecnología adecuada en estas materias. Las inversiones asociadas no se justifican exclusivamente para reducir CO_2, debido al alto nivel de inversiones y al bajo impacto en la disminución de emisiones de CO_2.

El consumo térmico de República Dominicana (3440 Mj/ton) se encuentra por debajo de la Planta de Referencia de GNR. Cabe destacar que el Percentil 10 de GNR es de 3000 MJ/ton.

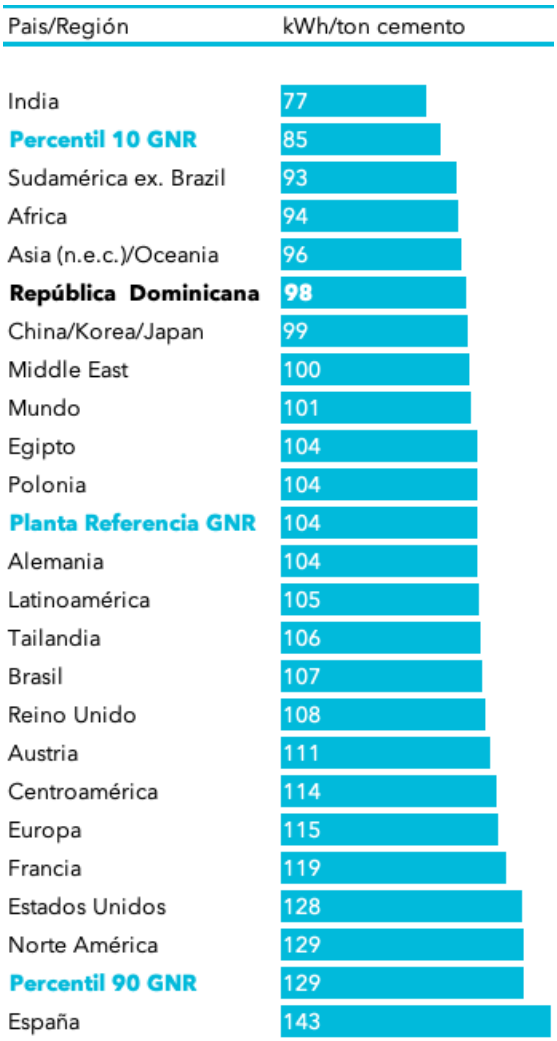
Este nivel de consumo térmico se encuentra cerca de las metas del Technology Roadmap CSI 2030 y 2050 (3300 y 3100 MJ/ton, respectivamente).

Como vimos anteriormente, en República Dominicana este ha sido el eje con mejor desempeño con relación a las reducciones de emisiones alcanzadas al año 2014. Este logro se debe, principalmente, por contar con hornos y enfriadores de clínker modernos que han aportado a este nivel de consumo térmico.

Comparativo Consumo Eléctrico República Dominicana vs GNR

El Consumo Eléctrico se define como la suma entre el consumo eléctrico de la producción de la parte de clínker que se utiliza para producir cemento, y el consumo eléctrico en usos no clínker, todo dividido por la producción de cemento de la planta. El Consumo Eléctrico de República Dominicana para plantas integradas es de 113 KWh/ton cemento, para las moliendas es de 37 KWh/ton cemento, y el promedio ponderado para todas las plantas es de 98 KWh/ton cemento. En República Dominicana existe un registro mínimo de consumo 32 y un registro máximo de 138.

En la siguiente figura se compara el consumo eléctrico de República Dominicana con países y regiones reportados en GNR.



República Dominicana tiene un Consumo Eléctrico que está bajo la planta de referencia de GNR (104), y está por debajo del promedio de Centroamérica (114).

CSI estima que las reducciones de emisiones de CO_2 en el eje Consumo Eléctrico pueden ser del orden del 3% de las rebajas de emisiones totales de la industria, por lo cual República Dominicana, al contar con un indicador cercano al de la Planta de Referencia GNR, su potencial reducción de CO_2 debiera estar en este orden de magnitud. No obstante, la incidencia de este eje en las reducciones proyectadas en República Dominicana al 2030 es de un 20%.

Se debe tener presente que la implementación de otros ejes de reducción puede incluso aumentar el consumo de energía eléctrica futuro, por ejemplo, la captura de CO_2 de las plantas de cemento en el 2DS a nivel mundial da como resultado 15-19 kWh / t de cemento adicionales.

Cabe destacar, que el factor de emisión red eléctrica externa promedio utilizado en República Dominicana es 725 Kg CO_2/MWh.

De acuerdo con el reporte 2015, el Consumo Eléctrico llegó a los 97 KWh/ton cemento.

Además, la decarbonización en este aspecto puede producirse por los cambios en la matriz eléctrica nacional, no obstante, se recomienda impulsar que la industria consuma energía eléctrica desde fuentes de generación renovable.

Este eje tiene, además, un importante potencial de reducción de CO_2 al 2030.

Como lo señala el Roadmap de CSI 2018, se recomienda seguir impulsando el uso de energía eléctrica generada por fuentes renovables en la Plantas, especialmente, en las unidades de molienda que son más adecuadas para usar energía renovable, debido a la flexibilidad en las horas de operación durante el día.

República Dominicana tiene un Consumo Eléctrico que está bajo la planta de referencia de GNR (104), y está por debajo del promedio de Centroamérica (114 KWh/ton clínker).

Se debe tener presente que este eje sigue siendo relevante dado el tipo de matriz eléctrica de República Dominicana, con deficiente calidad de suministro y con alta intensidad en carbón.

De acuerdo con el Reporte, la intensidad promedio de emisión de la matriz que alimenta las plantas es de 709 $KgCO_2$/MWh.

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

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

Ejemplo de lo anterior, son las necesidades de vivienda, infraestructura eléctrica e infraestructura en general de República Dominicana, desafíos en los cuales la Industria del Cemento puede contribuir con su experiencia y conocimiento en los códigos y diseños de construcción sostenible.

Destacamos la significativa reducción alcanzada en la intensidad de emisiones de CO_2 en la producción de cemento en República Dominicana al año 2014, que es del orden del 22%.

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

El Potencial de Reducción al año 2030 es también relevante y alcanza al 11 % de reducción con relación al año 2014, con aporte de los 4 ejes evaluados.

La industria del cemento deberá focalizar los esfuerzos en el Coprocesamiento por ser este eje el de menor desempeño y que, además, genera el doble beneficio ambiental de la reducción de CO_2 señalada y la eliminación segura de residuos. Por ello, la industria del cemento debe seguir apoyando que se estudien y aprueben marcos normativos que fomenten el coprocesamiento como un mecanismo esencial para impulsar la economía circular.

Otro factor relevante para tener presente son los efectos de la denominada "fuga de carbono" en el país, la cual por su importancia e impacto en el cumplimiento de las metas climáticas globales y el coprocesamiento, debe ser estudiada y abordada en conjunto con las autoridades nacionales.

La necesidad de construcción de viviendas, edificaciones, carreteras e infraestructura en República Dominicana, deben ayudar a seguir posicionando al cemento como material que no solo aporta a las reducciones directas de emisiones GEI, sino aporta a las reducciones indirectas y a mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

El impacto de los ejes en la reducción de emisiones de CO_2 no siempre es acumulativo, ya que pueden afectar de forma individual el potencial de reducción de emisiones de otras opciones, como aumentar, por ejemplo, el consumo térmico y eléctrico.

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

6

Acciones y Compromisos Hoja de Ruta

Acciones y Compromisos
Hoja de Ruta República Dominicana - FICEM

- Desarrollar y mantener un sistema y una base de datos de monitoreo, reporte y verificación (MRV) del sector del cemento compatible con el estándar IPCC - 2006.

- Impulsar, en conjunto con las partes interesadas, la colaboración nacional e internacional para el despliegue de las mejores tecnologías disponibles para la mitigación de CO_2 en la industria cementera.

- Realizar, a nivel de plantas de cemento, las evaluaciones de las tecnologías bajas en carbono, como el desarrollo de planes de acción para aumentar la velocidad y escala de su implementación.

- Apoyar el desarrollo de las políticas de residuos que reconozcan y recompensen los beneficios del coprocesamiento y su aporte al despliegue de la Economía Circular en República Dominicana.

- Potenciar la sustitución parcial del clínker por adiciones como la puzolana, escorias de alto horno, cenizas volantes, entre otros, para disminuir la emisión de CO_2 por toneladas de cemento.

- Desarrollar investigaciones que permitan a la industria de República Dominicana determinar las acciones para alcanzar la meta de emisión directa de 520 Kg CO_2/ton cemento para el año 2030, establecida en el Roadmap CSI 2018.

- La industria del cemento seguirá posicionando al cemento como el material de construcción de mayor resiliencia para la necesaria adaptación a los efectos del cambio climático que se requiere en República Dominicana, desafíos en los cuales la Industria del Cemento puede contribuir con su experiencia y conocimiento en los códigos y diseños de construcción sostenible.

- La industria del cemento de República Dominicana reafirma su compromiso con el desarrollo y promoción de soluciones energéticamente eficientes y ambientalmente sustentables para la edificación, pavimentos, obras civiles y, en general, para todas las aplicaciones en las cuales el cemento y el concreto son los materiales fundamentales.

Anexo 1
Reporte República Dominicana 2014

pwc

INFORME DE REVISIÓN DE LOS PROFESIONALES INDEPENDIENTES

Santiago, 21 de junio de 2019

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

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

Nuestra revisión fue efectuada de acuerdo con Normas de Atestiguación emitidas por el Colegio de Contadores de Chile A.G. Tales normas requieren que planifiquemos y realicemos la revisión con el objeto de lograr una seguridad limitada respecto de si cualquier modificación significativa debiera realizarse al "Reporte País República Dominicana 2014", para que éste esté de acuerdo con los criterios establecidos en el "Protocolo de procesamiento, agregación y validación de datos FICEM". Una revisión tiene un alcance substancialmente menor al de un examen, cuyo objetivo es lograr un grado de seguridad razonable respecto de si el "Reporte País República Dominicana 2014" está de acuerdo con los criterios establecidos en el "Protocolo de procesamiento, agregación y validación de datos FICEM", en todos sus aspectos significativos, para así poder expresar una opinión. En consecuencia, no expresamos tal tipo de opinión. Consideramos que nuestra revisión nos proporciona una base razonable para nuestra conclusión.

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

- **constatación que los datos utilizados en el "Reporte País República Dominicana 2014" son consistentes con la información reportada por:**
  - **Argos Dominicana S.A.**
  - **Cementos Santo Domingo S.A.**
  - **Cemento Panam - Consorcio Minero Dominicano S.A.**
  - **CEMEX Dominicana S.A.**
  - **Domicem S.A.**

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

Andrew de la Mare

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

FICEM HojadeRutaCO2

Reporte País/Macrozona

País/Macrozona	República Dominicana
Año datos	2014
Reporte:	sMRV FICEM | 003 | DO | 2014
Fecha reporte	jueves, 16 de mayo de 2019

I. Producción

Cemento

1. Cemento Producido	3.750.498	ton cemento/año
2. Cementitious Producido	3.473.076	ton cementitious/año

Clinker

1. Producido	2.476.323	ton Clinker/año
2. Consumido	2.753.745	ton Clinker/año

II. Emisión Específica CO_2

Alcance 1

				KgCO2/ton clinker	Kg CO2/ton cementitious	KgCO2/ton cemento
DIRECTAS	BRUTAS	NETAS	1. Descarbonatación	536	382	354
			2. Horno Combustibles Convencionales	305	217	201
			3. Otros Combustibles (secado, móviles)	2	2	2
			4. Horno Combustibles Alternativos	10	7	7
			5. Combustible Gen. Eléctrica on-site	28	20	18
			6. Combustible Biomasa (CO2 neutral)	2	2	2
			Netas	844	601	557
			Brutas (Alcance 1)	854	609	564
			Directas	881	628	582
Alcance 2			Electricidad Externa	37	55	50
Alcance 3			Clinker Externo	NA	NA	64
			Solo cuando Clinker consumido > Clinker producido, donde FE=865[KgCO2/ton clinker]			
Alcance 1 + Alcance 2 + Alcance 3				890	664	678

Informe **sMRV FICEM | 003 | DO | 2014**

Generado con Calculadora CO2 FICEM de acuerdo al "Protocolo de procesamiento, agregación y validación de datos FICEM" disponible en www.ficem.org

OMNISCIPN

Página 1 de 2

Reporte País/Macrozona

País/Macrozona	República Dominicana
Año datos	2014
Reporte:	sMRV FICEM | 003 | DO | 2014
Fecha reporte	jueves, 16 de mayo de 2019

III. Indicadores Técnicos

	Promedio ponderado	Mínimo	Máximo	
1. Factor Clinker	73%	63%	76%	%
2. Consumo Térmico Plantas Integradas	3.440	3.275	3.531	MJ/ton Clinker
3. Coprocesamiento	4,4%	0%	7%	%
Factor Emisión Promedio Combustibles	92	74	110	Kg CO2/GJ
4. Consumo Eléctrico (todas las plantas)	98	36	138	
Plantas Integradas	113	103	138	KWh/ton cemento
Moliendas	38	33	41	
Factor Emisión Red Eléctrica	725	598,1	763	Kg CO2/MWh

Informe **sMRV FICEM | 003 | DO | 2014**

Generado con Calculadora CO2 FICEM de acuerdo al "Protocolo de procesamiento, agregación y validación de datos FICEM" disponible en www.ficem.org

Página 2 de 2

Anexo 2
Reporte República Dominicana 2015

pwc

INFORME DE REVISIÓN DE LOS PROFESIONALES INDEPENDIENTES

Santiago, 21 de junio de 2019

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

Hemos revisado el "Reporte País República Dominicana 2015", adjunto, proporcionado por FICEM, por el año terminado al 31 de diciembre de 2015. La Administración de FICEM es responsable por la preparación y presentación del "Reporte País República Dominicana 2015", de acuerdo a los criterios establecidos en el "Protocolo de procesamiento, agregación y validación de datos FICEM", adjunto. Nuestra responsabilidad consiste en expresar una conclusión sobre el "Reporte País República Dominicana 2015", a base de nuestra revisión.

Nuestra revisión fue efectuada de acuerdo con Normas de Atestiguación emitidas por el Colegio de Contadores de Chile A.G. Tales normas requieren que planifiquemos y realicemos la revisión con el objeto de lograr una seguridad limitada respecto de si cualquier modificación significativa debiera realizarse al "Reporte País República Dominicana 2015", para que éste esté de acuerdo con los criterios establecidos en el "Protocolo de procesamiento, agregación y validación de datos FICEM". Una revisión tiene un alcance substancialmente menor al de un examen, cuyo objetivo es lograr un grado de seguridad razonable respecto de si el "Reporte País República Dominicana 2015" está de acuerdo con los criterios establecidos en el "Protocolo de procesamiento, agregación y validación de datos FICEM", en todos sus aspectos significativos, para así poder expresar una opinión. En consecuencia, no expresamos tal tipo de opinión. Consideramos que nuestra revisión nos proporciona una base razonable para nuestra conclusión.

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

- constatación que los datos utilizados en el "Reporte País República Dominicana 2015" son consistentes con la información reportada por:
  - Argos Dominicana S.A.
  - Cementos Santo Domingo S.A.
  - Cemento Panam - Consorcio Minero Dominicano S.A.
  - CEMEX Dominicana S.A.
  - Domicem S.A.

A base de nuestra revisión, no tenemos conocimiento de cualquier modificación significativa que debiera realizarse al "Reporte País República Dominicana 2015", proporcionado por FICEM, por el año terminado al 31 de diciembre de 2015, para que éste esté de acuerdo con los criterios establecidos en el "Protocolo de procesamiento, agregación y validación de datos FICEM".

Andrew de la Mare

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

Reporte País/Macrozona

País/Macrozona	República Dominicana
Año datos	2015
Reporte:	sMRV FICEM | 004 | DO | 2015
Fecha reporte	miércoles, 5 de junio de 2019

I. Producción

Cemento

1. Cemento Producido	4.132.444	ton cemento/año
2. Cementitious Producido	3.867.785	ton cementitious/año

Clinker

1. Producido	2.764.264	ton Clinker/año
2. Consumido	3.028.923	ton Clinker/año

II. Emisión Específica CO_2

Alcance 1

				KgCO2/ton clinker	Kg CO2/ton cementitious	KgCO2/ton cemento
DIRECTAS	BRUTAS	NETAS	1. Descarbonatación	536	383	359
			2. Horno Combustibles Convencionales	304	217	203
			3. Otros Combustibles (secado, móviles)	2	1	1
			4. Horno Combustibles Alternativos	13	10	9
			5. Combustible Gen. Eléctrica on-site	0	0	0
			6. Combustible Biomasa (CO2 neutral)	1	1	1
			Netas	842	602	563
			Brutas (Alcance 1)	855	611	572
			Directas	856	611	572
Alcance 2			Electricidad Externa	50	73	64
Alcance 3			Clinker Externo	NA	NA	55
			Solo cuando Clinker consumido > Clinker producido, donde FE=865[KgCO2/ton clinker]			
Alcance 1 + Alcance 2 + Alcance 3				905	684	691

Informe **sMRV FICEM | 004 | DO | 2015**

Generado con Calculadora CO2 FICEM de acuerdo al "Protocolo de procesamiento, agregación y validación de datos FICEM" disponible en www.ficem.org

Página 1 de 2

FICEM HojadeRutaCO2

Reporte País/Macrozona

País/Macrozona	República Dominicana
Año datos	2015
Reporte:	sMRV FICEM | 004 | DO | 2015
Fecha reporte	miércoles, 5 de junio de 2019

III. Indicadores Técnicos

	Promedio ponderado	Mínimo	Máximo	
1. Factor Clinker	73%	60%	79%	%
2. Consumo Térmico Plantas Integradas	3.453	2.247	3.599	MJ/ton Clinker
3. Coprocesamiento	5,4%	0%	8%	%
Factor Emisión Promedio Combustibles	92	74	110	Kg CO2/GJ
4. Consumo Eléctrico (todas las plantas)	97	39	142	
Plantas Integradas	108	39	142	KWh/ton cemento
Moliendas	40	40	41	
Factor Emisión Red Eléctrica	709	598,1	763	Kg CO2/MWh

Informe **sMRV FICEM | 004 | DO | 2015**

Generado con Calculadora CO2 FICEM de acuerdo al "Protocolo de procesamiento, agregación y validación de datos FICEM" disponible en www.ficem.org

OMNISCIPIN

Página 2 de 2