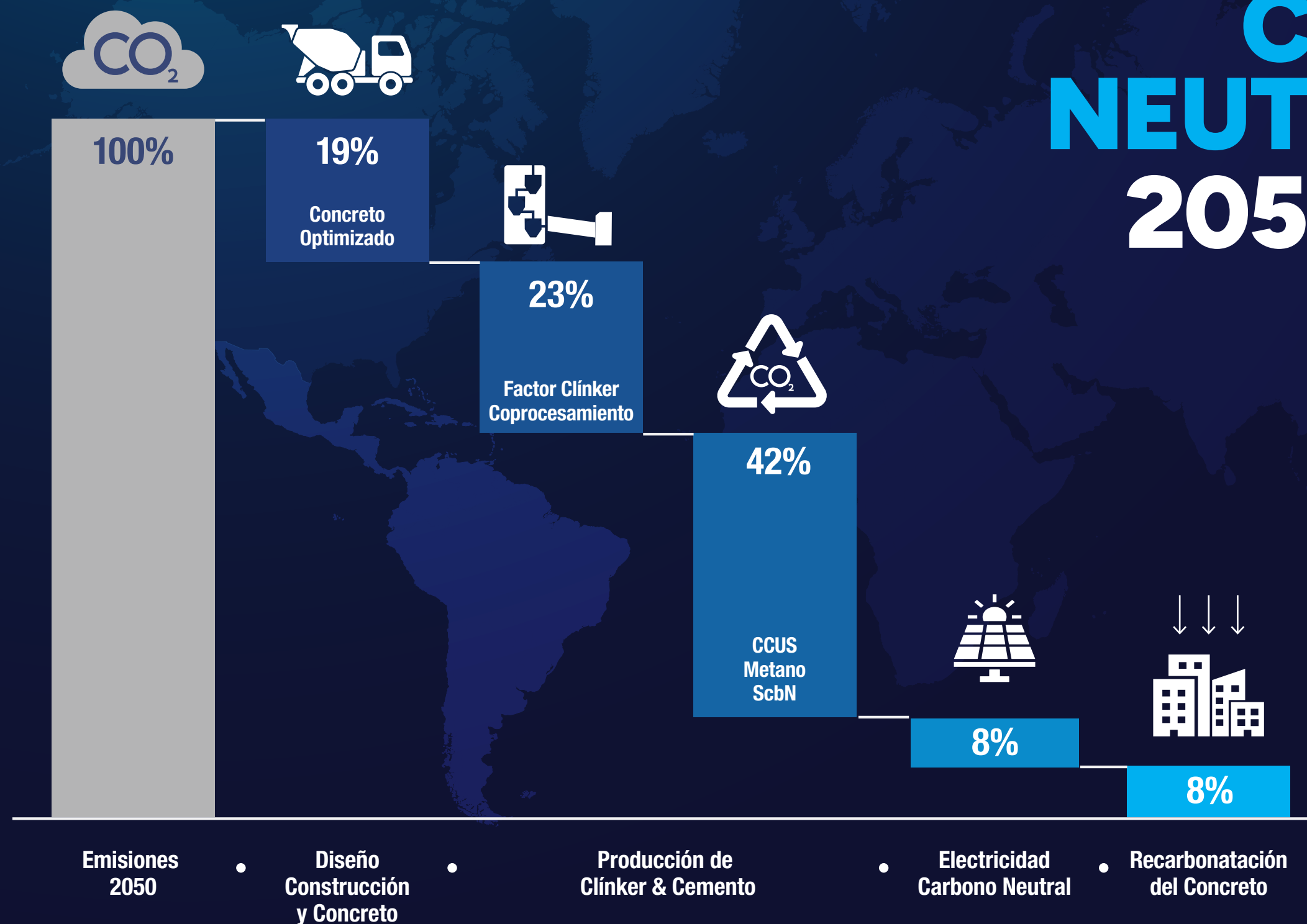


HOJA DE RUTA

CARBONO
NEUTRALIDAD

2050 | LATINOAMÉRICA
Y EL CARIBE



ÍNDICE



1 CONSTRUYENDO UNA REGIÓN MÁS SEGURA, SOSTENIBLE Y RESILIENTE

2 MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

3 TRAYECTORIA 2050

LB. EMISIONES CO₂ 2050

3.1. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

3.2. EFICIENCIA CONCRETO

3.3. CEMENTO & ADICIONES

3.4. EFICIENCIA TÉRMICA

3.5. COMBUSTIBLES TRADICIONALES

3.6. COMBUSTIBLES DE RESIDUOS FÓSILES

3.7. COMBUSTIBLES DE BIOMASA

3.8. HIDRÓGENO

3.9. CAPTURA, USO Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO

3.10. METANO EVITADO

3.11. SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

3.12. CONSUMO ELÉCTRICO

3.13. RECARBONATACIÓN

4 COMPROMISOS 2030

5 FICEM EN ACCIÓN

5.1. SEGUIMIENTO Y REPORTE

5.2. MARCOS REGULATORIOS

5.3. NETBOOK FICEM

5.4. ACADEMIA FICEM

6 GLOSARIO Y REFERENCIAS

ANEXOS



SIGLAS

- ▶ **AI:** Inteligencia artificial
- ▶ **AFOLU:** Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra
- ▶ **AG:** Aglutinante (binder)
- ▶ **BAU:** Business as Usual (Bajo las mismas condiciones)
- ▶ **C&A:** Cemento y adiciones
- ▶ **CCUS:** Carbon Capture, Use and Storage (Captura, Uso y Almacenamiento de Carbono)
- ▶ **CEPAL:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe
- ▶ **CO₂e:** CO₂ equivalente
- ▶ **D&C:** Diseño y construcción
- ▶ **ECRA:** European Cement Research Academy (Academia Europea de Investigación del Cemento)
- ▶ **FE:** Factor de Emisión
- ▶ **FICEM:** Federación Interamericana del Cemento
- ▶ **GCCA:** Asociación Global del Cemento y Concreto
- ▶ **GEI:** Gases de Efecto Invernadero
- ▶ **GNR:** Getting the Numbers Right (Obteniendo los Números Correctos)
- ▶ **IPCC:** Panel de Expertos sobre el Cambio Climático
- ▶ **LAC:** América Latina y el Caribe

- ▶ **LB:** Línea de Base
- ▶ **LCH:** Low Carbon Hydrogen (Hidrógeno Bajo en Carbono)
- ▶ **MC:** Meta condicionada a financiamiento interno/externo
- ▶ **MJ:** Mega Joule
- ▶ **MNC:** Meta no condicionada a financiamiento interno/ externo
- ▶ **MRV:** Medición, Reporte y Verificación
- ▶ **Mt:** Millones de toneladas
- ▶ **MWh:** Mega Watt hora
- ▶ **NDC:** Nationally Determined Contributions (Contribuciones Nacionalmente Determinadas)
- ▶ **P2P:** Del enfoque prescriptivo al prestacional
- ▶ **RCD:** Residuos de construcción y demolición
- ▶ **RMX:** Readymix concrete (concreto premezclado)
- ▶ **SBN:** Soluciones Basadas en la Naturaleza
- ▶ **SCM:** Materiales cementicios suplementarios
- ▶ **TRL:** Technology Readiness Level (Nivel de Madurez Tecnológica)
- ▶ **TWh:** Tera Watt Hora
- ▶ **USD:** Dólares Estadounidenses





1

Construyendo una Región más Segura, Sostenible y Resiliente





NUESTRO FUTURO

El cemento y el concreto han cumplido un rol fundamental en el desarrollo de nuestra civilización, siendo materiales clave en el progreso a lo largo de la historia con obras como el Panteón Romano hasta su uso masivo en la actualidad, aportando a construcciones duraderas, seguras y sostenibles que han transformado la vida humana.

Actualmente el consumo global de cemento supera los 4.100 millones de toneladas anuales. Edificios, viviendas asequibles, carreteras, puentes, embalses y otras infraestructuras esenciales son la muestra del aporte del cemento y concreto al desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad moderna.

Se proyecta que el consumo de cemento y concreto siga creciendo impulsado, principalmente, por el desarrollo de las economías emergentes para cubrir los déficit de infraestructura y vivienda. Entre esas economías se encuentra América Latina y el Caribe, en donde, además, el cemento y el concreto serán esenciales para la adaptación a los impactos del cambio climático en la región.

En resumen, el cemento y el concreto han sido pilares del avance de la humanidad, facilitando el desarrollo de infraestructuras esenciales que aportan el espacio construido. Su impacto en la vida cotidiana es incuestionable, y su uso seguirá siendo fundamental para el futuro de la construcción resiliente y el desarrollo sostenible de la humanidad.

Actualmente, a nivel mundial todos los países concordaron bajo el Acuerdo de París hacer los máximos esfuerzos para la reducción de emisiones de GEI.

Consciente del rol del cemento y el concreto para la mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe, la industria, tomando como referencia la estrategia de la Asociación Global del Cemento y el Concreto GCCA y nuestra propia trayectoria en la acción climática, ha elaborado esta Hoja de Ruta.





El rol de esta Hoja de Ruta FICEM en la Economía Circular

La Hoja de Ruta FICEM, además de establecer una estrategia de reducción de emisiones de carbono, aporta al despliegue de la Economía Circular desde el diseño optimizado de construcciones que reduce el uso de materias primas, su durabilidad que disminuye la generación de escombros, y la valorización y reciclaje de residuos en todas las etapas del proceso de producción del cemento y concreto.

Esta Hoja de Ruta impulsa aumentar el coprocesamiento de residuos, la reducción del contenido de clinker mediante la utilización de residuos como el slag y el fly ash; y la optimización y el uso del clinker, cemento y concreto en la construcción.

Alcanzar como mínimo un 50% de coprocesamiento, no superar el 60% de participación del clinker en el cemento y reducir, al menos, al 21% el contenido de cemento en el concreto al año 2050, son algunas de las metas de esta Hoja de Ruta, que aportarán directamente al despliegue de la Economía Circular en la región.

Al promover la reutilización y la eficiencia en el uso de recursos, esta Hoja de Ruta contribuye de manera significativa a la circularidad en nuestra región .





Nuestro compromiso

La Hoja de Ruta FICEM demuestra el compromiso de nuestra industria con la agenda climática global establecida en el Acuerdo de París y representa el aporte de nuestro sector para evitar que la temperatura de la Tierra aumente por sobre los 2°C, y con los mayores esfuerzos posibles, limitarlo a 1,5°C, en referencia al promedio de la era preindustrial.

La visión utilizada para desarrollar esta Hoja de Ruta se basa en la metodología utilizada por GCCA para la elaboración de su Roadmap 2050 Net Zero y en el conocimiento de la realidad social, económica y política de cada uno de nuestros países. Reconocemos, por tanto, que pueden existir adecuaciones locales a la trayectoria de reducción de CO₂e planteada en esta Hoja de Ruta.

Para alcanzar los objetivos de esta Hoja de Ruta, FICEM pondrá al servicio de la Industria herramientas especializadas de gestión y apoyo a diversos enfoques regulatorios, promoviendo un seguimiento.

La participación activa de los organismos internacionales relacionados, gobiernos, academia y comunidad es indispensable para alcanzar las metas y compromisos de esta Hoja de Ruta FICEM.





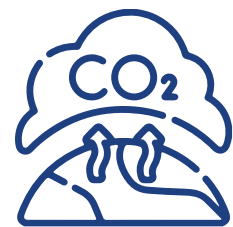
Esta Hoja de Ruta se alinea con los objetivos climáticos establecidos en el Acuerdo de París y representa el aporte de nuestra región a la agenda global del cemento y el concreto.



2

Mitigación y Adaptación a los Efectos del Cambio Climático





MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN

Mitigación Gases Efecto Invernadero

Emisiones GEI Globales

De acuerdo al IPCC en su informe AR6, en el año 2019 las emisiones de CO₂e globales alcanzaron aproximadamente las 59Gt, correspondiendo principalmente a dióxido de carbono, metano y óxido nitroso. Estas emisiones provienen de los siguientes sectores: Energía 75%, AFOLU 15%, Procesos Industriales 7% y Residuos 3%, aproximadamente.

Desafíos para la Mitigación de GEI

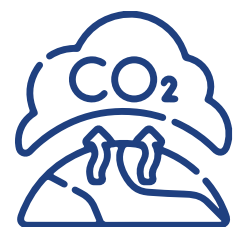
La mitigación de GEI se ha vuelto una prioridad debido al impacto acelerado del cambio climático a nivel global. En respuesta, la comunidad internacional, a través del Acuerdo de París, se ha comprometido a hacer los esfuerzos necesarios para evitar que la temperatura de la Tierra aumente por sobre los 2°C, y preferentemente, limitarlo a 1,5°C, en referencia al promedio de la era preindustrial.

Para lograrlo, los países están implementando políticas para reducir sus emisiones de GEI, como la transición a energías renovables, evitar la deforestación y emisiones de metano, la electrificación de procesos industriales, el desplazamiento de combustibles fósiles, entre otras.



Los esfuerzos globales de mitigación enfrentan desafíos, como la creciente demanda energética, bajo desarrollo económico, falta de financiamiento, entre otros. A pesar de estos obstáculos, actualmente 33 países en LAC se han comprometido con la agenda climática global, mediante la publicación de sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas, conocidas como NDCs.





MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN

Mitigación Gases Efecto Invernadero

Emisiones GEI en América Latina y el Caribe

De acuerdo al informe IPCC del año 2022, las emisiones de GEI en LAC alcanzaron las 4,7Gt CO₂e, las que se desglosan por sector de la siguiente manera: AFOLU 47%, Energía 43%, Procesos Industriales 4% y Residuos 6%.

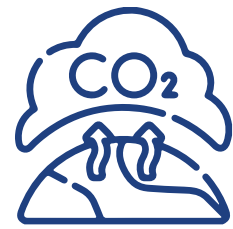
En nuestra región, las emisiones de GEI representan el 8% de las emisiones globales, y a diferencia de regiones desarrolladas, concentran gran parte de sus emisiones debido al inadecuado uso del suelo y agricultura. En contraste, los procesos industriales a nivel latinoamericano aportan con un 4%, muy por debajo del 7% de aporte de los procesos industriales a nivel global.

Sector Cemento y Emisiones GEI en LAC

Actualmente, la producción de cemento en LAC representa alrededor del 3% de las emisiones totales de la región, muy por debajo de la media mundial del sector, que alcanza el 7%. Esto se debe principalmente a dos factores, el bajo nivel de consumo de cemento comparado al mundo desarrollado, lo que se ve reflejado en los déficit de infraestructura y vivienda; y a las significativas reducciones de GEI por la modernización de nuestras plantas y la constante reducción del contenido de clínker en el cemento, ambos factores relevantes en las emisiones directas de nuestro sector. Por otra parte, el coprocesamiento tiene una oportunidad de ser un aporte importante a la reducción de GEI del sector residuos, dado que en LAC este sector duplica el porcentaje de las emisiones en comparación al nivel global del sector residuos.



El nivel de intensidad de emisiones netas de la industria del cemento de LAC en el año 2020 alcanzó los 589 kgCO₂/tcm, cifra menor a la media global del sector de 623 kgCO₂/tcm (GNR).



MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN

Adaptación al Cambio Climático

Los eventos climáticos extremos tienen importantes impactos y representan costos directos e indirectos para las personas, las comunidades y las economías nacionales. El cambio climático ha aumentado estos eventos tanto en frecuencia como en intensidad.

La región enfrenta una amplia gama de impactos climáticos, incluyendo el aumento de la temperatura, cambios en los patrones de precipitación, y una mayor frecuencia e intensidad de eventos extremos como huracanes, inundaciones y sequías. Estos fenómenos no solo afectan los ecosistemas y la biodiversidad, sino que también tienen graves consecuencias para las comunidades humanas, exacerbando problemas existentes como la pobreza y la desigualdad.

Según un estudio de la CEPAL (Eventos naturales extremos y desastres en América Latina y el Caribe 1990-2022, año 2024), desde el año 1991 las inundaciones y las tormentas son los eventos que más han sucedido en nuestra región. Además, el mismo estudio indica que para este período de referencia, el 77% del total de desastres se agrupan en meteorológicos, climatológicos e hidrológicos, relacionados con cambio climático.

Vulnerabilidad Climática de LAC

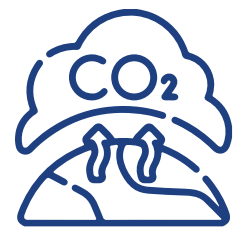
Además, LAC es una de las regiones más vulnerables a los efectos del cambio climático debido a su diversidad geográfica, climática, déficit de vivienda e infraestructura entre otros aspectos socioeconómicos. En efecto, la tasa de incidencia de la pobreza: es 29,1 % (CEPAL, 2023); el déficit habitacional: 45,0 % (BID, 2024); Red vial pavimentada y transitable de manera permanente de solo: 14,9% (CAF, 2018); Población con servicios sanitarios cubiertos de manera segura: 49,0 % (Banco Mundial, 2022).

Adaptación al Cambio Climático en LAC

Para enfrentar los efectos del cambio climático en una región de alta vulnerabilidad, es necesaria la adaptación, mejorando la resiliencia de las infraestructuras críticas como carreteras, puentes, y edificaciones para resistir los impactos de eventos climáticos extremos, para proteger las comunidades y apoyar el desarrollo económico sostenible.

Por ello, se necesita fortalecer la cooperación internacional y regional para movilizar los recursos necesarios y compartir conocimientos y tecnologías adecuadas. La participación activa de la sociedad y el sector privado, como la industria del cemento y el concreto, es fundamental para impulsar cambios sostenibles y resilientes.





MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN

Adaptación al Cambio Climático

El cemento y concreto están desempeñando un papel fundamental en la adaptación al cambio climático. Dado que la región es vulnerable a fenómenos climáticos extremos, la construcción de infraestructura resiliente es esencial en la estrategia de desarrollo.

Lo anterior, genera una demanda de innovación en el desarrollo de materiales más resistentes y sostenibles, capaces de soportar eventos climáticos adversos como huracanes, inundaciones o el aumento del nivel de mar; y desastres naturales como terremotos y tsunamis.

Estos esfuerzos no solo protegen comunidades, sino que también aseguran la continuidad de operaciones críticas, evidenciando cómo el sector cementero se adapta proactivamente a los desafíos del cambio climático en LAC.

En América Latina y el Caribe, la adaptación al cambio climático es una necesidad urgente debido a alta vulnerabilidad de la región. Cepal proyecta que los países LAC deberán destinar entre 1% al 3% del PIB anual en acciones de adaptación al cambio climático.



El aporte del cemento y el concreto, como materiales versátiles, de alta disponibilidad, asequibilidad y propiedades constructivas adecuadas, es fundamental para aumentar la resiliencia climática de la infraestructura, de las viviendas y de las ciudades.



3

Trayectoria hacia la Carbono Neutralidad 2050 del Cemento y Concreto en LAC





TRAYECTORIA CARBONO NEUTRALIDAD 2050

Metodología Carbono Neutralidad 2050

FICEM desarrolló esta trayectoria, utilizando una metodología integral que involucra varios enfoques propuestos a nivel internacional por agencias y organismos especializados, más un análisis estratégico interno. El objetivo es descarbonizar la industria del cemento y el concreto para alcanzar emisiones netas cero en 2050.

Aquí están algunos de los aspectos metodológicos que se emplearon:

- ▶ **Colaboración con la industria:** FICEM trabajó en conjunto con sus miembros, que incluyen a los principales productores de cemento y concreto en LAC. Esto permitió considerar las realidades locales y regional de la producción de cemento y concreto.
- ▶ **Investigación académica y tecnológica:** Este trabajo se basó en investigaciones como las realizadas por ECRA, sobre tecnologías clave para la descarbonización en la producción de cemento; las propias de FICEM como Valorización de Residuos, Ciudades Resilientes; y Cemento y Adiciones de RILEM, entre otras.
- ▶ **Referencias internacionales :** La trayectoria se basó en documentos publicados por organizaciones tales como: el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), la Agencia Internacional de Energía (AIE), GCCA (Global Cement and Concrete Association), Mission Possible Partnership (MPP) y Getting the Numbers Right (GNR)

- ▶ **Modelo para la trayectoria carbono neutral:** Para asegurar un análisis sistémico y que incluyera el ciclo de vida completo del cemento y el concreto, con relación a sus emisiones de CO₂e se utilizó como base la metodología GCCA Roadmap Template ECRA.
- ▶ **Monitoreo y revisión continua:** La metodología incluye mecanismos de monitoreo continuo y la capacidad de revisar y ajustar los objetivos y metas, a medida que se desarrollen nuevas tecnologías y que las condiciones del mercado cambien.
- ▶ **Objetivos de reducción de emisiones basados en la ciencia:** La Hoja de Ruta se basó en compromisos con objetivos de reducción de emisiones que siguen criterios científicos, con metas específicas para los periodos 2030 y 2050.

Este enfoque metodológico permitió a FICEM diseñar un plan pionero entre los sectores industriales en LAC, ambicioso pero alcanzable, para que la industria del cemento y el concreto logre la neutralidad de carbono en 2050, centrándose en soluciones tecnológicas, la innovación y la colaboración multisectorial.





TRAYECTORIA CARBONO NEUTRALIDAD 2050

Agrupación Ejes de Reducción

La metodología descrita anteriormente para esta Hoja de Ruta FICEM, dio como resultado una trayectoria en cascada dividida en 5 grupos de ejes de descarbonización; lo anterior, para facilitar la comprensión de la estrategia de carbono neutralidad establecida en esta Hoja de Ruta. A continuación, una descripción de los 5 grupos y los 13 ejes contenidos en ellos.



► Grupo A - Diseño, Construcción y Concreto:

E01 Diseño y Construcción: se refiere a la especificación del concreto; y diseño y prácticas de construcción para optimizar el uso de concreto y reducir la generación de residuos.

E02 Producción de Concreto: se refiere a optimizar la producción de concreto, principalmente utilizando el cemento de manera más eficiente.



► Grupo B - Factor Clínker y Coprocesamiento:

E03 Cemento y Adiciones: Se refiere a reducir la cantidad de clínker, mayor fuente de CO₂e en el proceso de producción de cemento mediante su reemplazo por adiciones.

E04 Eficiencia Térmica: Se refiere a optimizar el uso de esta energía en la producción de clínker.

E05 Combustibles Fósiles Tradicionales: se refiere al desplazamiento de estos combustibles que constituyen la segunda mayor fuente de CO₂e en la producción de clínker.

E06 Combustibles Fósiles Alternativos: se refiere al uso de combustibles derivados de la fracción fósil de residuos en la producción de clínker para desplazar combustibles fósiles tradicionales.

E07 Combustibles Derivados de Biomasa: se refiere al uso de este tipo de combustibles para desplazar combustibles fósiles tradicionales en la producción de clínker.

E08 Hidrógeno bajo en Carbono. Se refiere al uso de LCH para desplazar combustibles con mayor huella de carbono en la producción de clínker.



► Grupo C - CCUS, Metano y ScbN:

E09 Captura, Uso y Almacenamiento de Carbono: Se refiere a las distintas tecnologías para remover emisiones en forma directa del proceso productivo del cemento.

E10 Metano Evitado: Se refiere a reducir y/o evitar las emisiones de metano en rellenos sanitarios, a través del uso de residuos sólidos urbanos mediante la tecnología del coprocesamiento.

E11 Soluciones Climáticas Basadas en la Naturaleza: proyectos que utilizan procesos y ecosistemas naturales para la remoción y/o evitación de GEI.



► **Grupo D – E12 Electricidad Carbono Neutral:** Consolida la demanda de energía eléctrica para la producción de clínker, cemento y concreto, incluyendo CCUS y cuyo suministro debe provenir de energías renovables carbono neutrales.



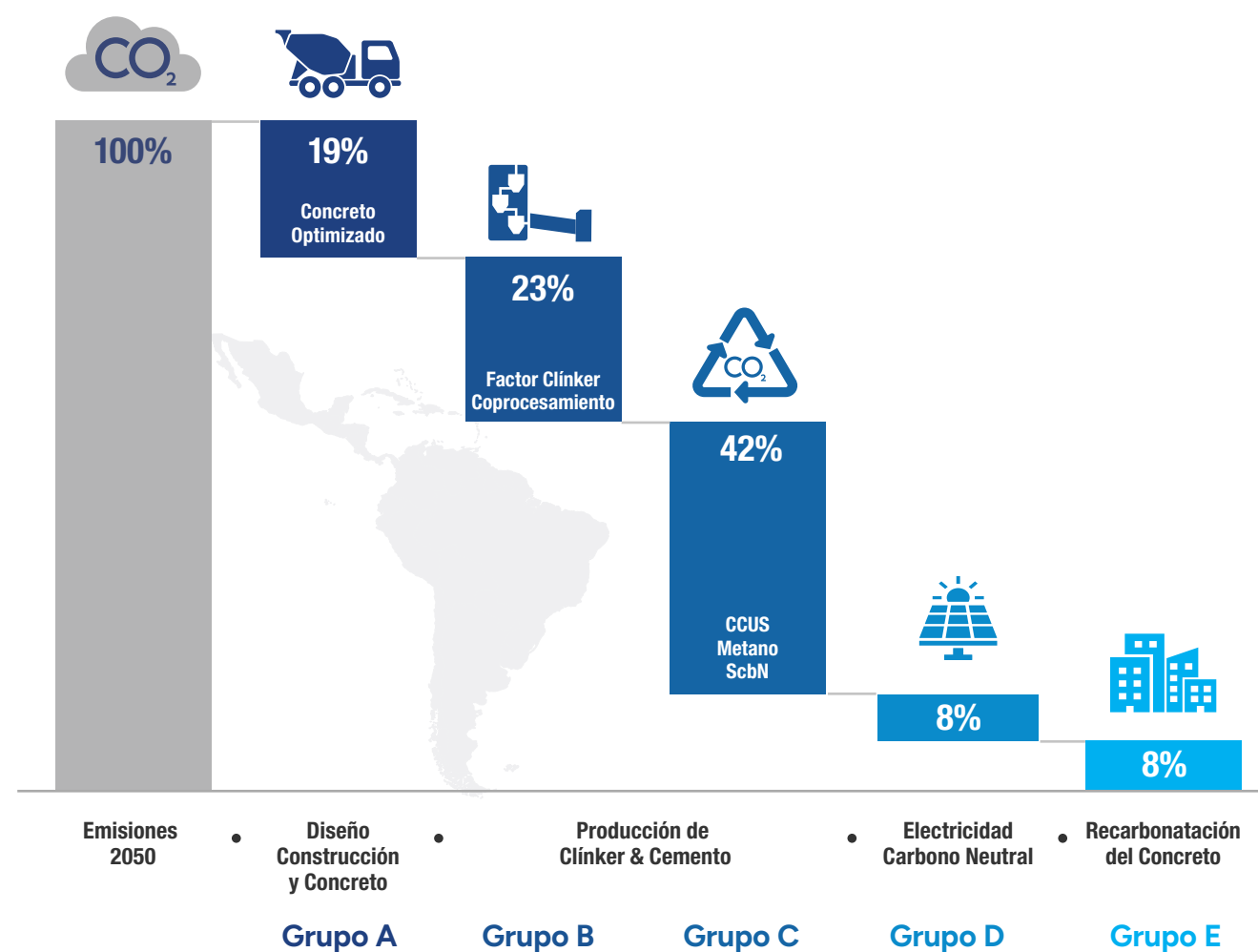
► **Grupo E – E13 Recarbonatación Concreto:** Se refiere a los procesos de carbonatación natural de las estructuras de concreto por su contenido de cemento y la recarbonatación forzada, por ejemplo, para los escombros de la construcción.



TRAYECTORIA CARBONO NEUTRALIDAD 2050

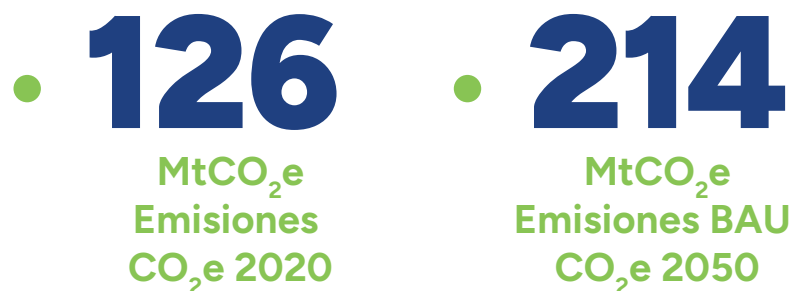
Gráfico Cascada Trayectoria FICEM 2050

En la siguiente gráfica, se muestra cómo, utilizando la metodología ya señalada, el sector cemento y concreto en América Latina y el Caribe alcanzará la carbono neutralidad al año 2050 y los aportes porcentuales por grupo de ejes al mismo año.



- **Grupo A ► 19 %**
 - Diseño & Construcción ► 12%
 - Producción Concreto ► 7%
- **Grupo B ► 23 %**
 - Cemento y Adiciones ► 9%
 - Eficiencia Energética ► 0,5%
 - Combustibles Fósiles ► 3,2%
 - Combustibles Alternativos Fósiles ► 8%
 - Uso de Biomosas ► 1%
 - Hidrogeno ► 1,3%
- **Grupo C ► 42 %**
 - Captura Uso y Almacenamiento de CO₂e ► 30%
 - Metano Evitado ► 3%
 - Soluciones Basadas en la Naturaleza ► 9%
- **Grupo D ► 8 %**
 - Electricidad Carbono Neutral**
para el uso en Cemento, CCUS y Concreto
- **Grupo E ► 8 %**
 - Re carbonatación del Concreto**
Natural + Activa





ESCENARIO EMISIONES CO₂e 2050

Las emisiones proyectadas al año 2050 se calculan a partir de la línea base de emisiones al año 2020(*), y el incremento de producción de cemento al 2050 sin eficiencias (70%), según escenario BAU (Business as Usual), que significa producir y utilizar el cemento bajo las mismas condiciones actuales en el 2050.

Las emisiones LB2020 fueron 126 MtCO₂e, considerando emisiones directas (114 MtCO₂e) e indirectas del uso de energía eléctrica (12 MtCO₂e). Al año 2050, se consideró un aumento del 70% del consumo de cemento, que implica llegar a 333 Mt, lo que significaría 214 MtCO₂e de emisiones totales BAU.

CONTEXTO

En el año 2020, la industria del cemento en LAC produjo 196 Mt de cemento y el consumo per cápita correspondió a 255 kg, muy por debajo del valor mundial de 540 kg cem/hab. Esta diferencia se reduce significativamente. Al no considerar China el valor alcanza los 284 kg cem/hab.

Según GNR 2022, las emisiones netas de CO₂e en LAC alcanzaron los 564 kgCO₂e/tcem por debajo de los 594 kgCO₂e/tcem a nivel global del sector.

* Nota: El año de comparación establecido por la industria, y otros sectores, es el año 2020, pero por ser un año particular, producto de la pandemia del COVID, los datos corresponden al año 2018.



DESAFÍOS

- Reconocimiento en políticas públicas, como los NDCs, de las reducciones de emisiones de CO₂e, ya alcanzadas por la industria del cemento en LAC.
- Compatilizar la reducción de las emisiones directas de CO₂e con el aumento de la demanda futura de cemento en LAC, que a diferencia de otras regiones más desarrolladas, esta demanda disminuirá debido a que las necesidades constructivas estarían ya cumplidas.

OPORTUNIDADES

Mejorar los inventarios nacionales de GEI mediante la aplicación de los MRV del sector cemento y concreto.

Poder determinar en forma más precisa los efectos de la fuga de carbono al desplazar la producción local por importaciones.

Acelerar los marcos regulatorios habilitantes para descarbonizar el sector dado lo relevante de las emisiones en un escenario BAU.

CONSUMO CLINKER Y EMISIONES CO₂e

Clínker BAU Mt

2020

132

2030

163

2050

224

Cemento BAU Mt

196

243

333

Aumento Demanda Escenario BAU (%)

0

24

70

Factor Emisión Clínker BAU (kgCO₂e/tclinker)

867

867

867

Emisiones Directas Clínker BAU MtCO₂e

114

142

194

Emisiones Alcance 2 BAU MtCO₂e

12

10

20

Emisiones BAU (MtCO₂e)

126

151

214

Tabla 1: Emisiones Cemento LAC





• **12%**
Reducción
CO₂e 2050 D&C

Aumentar la eficiencia en el uso de concreto en la construcción, a través de la inclusión de etapas y actividades aguas arriba y aguas abajo de la industria del cemento y concreto – como diseño, planificación, especificación y construcción – significa, entre otros, no sobre utilizar concreto, si no el volumen más bajo posible que cumpla con los requisitos de aplicación sin comprometer durabilidad y seguridad.

Este eje requiere de un compromiso compartido entre todos los actores de la cadena de valor de la construcción. Algunas aplicaciones son: elementos de fachada tipo sándwich; diseño con AI y optimización elementos estructurales; cálculos de diseño lineal/elásticos hasta cálculos basados en plasticidad, reutilización residuos de concreto, entre otros. Proyectistas, diseñadores, especificadores, inspectores y directores de obra, contratistas y el Poder Público tienen un rol central para su despliegue.

CONTEXTO

La informalidad y el uso de técnicas de construcción basadas en la labor artesanal condicionan la eficiencia en el uso de los materiales, y usualmente acarrear mayor generación de residuos.

La medición, uso de datos, análisis y decisiones basadas por CO₂e embebido en las construcciones es aún incipiente, y no es incentivada.

Las normas técnicas, códigos y reglamentos son usualmente prescriptivos con enfoque en preservar la seguridad estructural. Sus actualizaciones son poco frecuentes y con baja oportunidad a la innovación.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

GRUPO A > 19%

DESAFÍOS

- ▶ Mayor industrialización en el uso del cemento y del concreto en la construcción.
- ▶ Mayor coordinación en toda la cadena de valor, para estructuras bajas en carbono.
- ▶ Actualizar normas técnicas y códigos de construcción.
- ▶ Promover decisiones de clientes, proyectistas y especificadores basadas en reducción de CO₂e.
- ▶ Difusión y capacitación en nuevas tecnologías, sistemas estructurales, optimización del diseño y la construcción: y gestión de obra más eficientes.



OPORTUNIDADES

Mejorar la calidad de vida, de la construcción y del trabajo, incrementando la resiliencia y eficiencia de las construcciones en alineación con el objetivo de carbono neutralidad.

Alcanzar una integración a gran escala de los residuos de construcción y demolición, a la cadena de valor de la industria.

Mayor control de calidad y eficiencia de los materiales utilizados, y de los procesos constructivos.

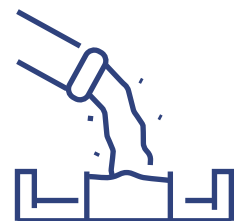
MEDIDA DE D&C	Potencial Reducción CO ₂ e	Factibilidad de Aplicación
Extender la vida útil de las estructuras (reúso, refuncionalización, etc)	Alto	Bajo
Optimización estructural (pretensado / postensado, sistemas estructurales mixtos e híbridos, lean design, BIM, AI para diseño estructural, etc)	Alto	Media
Industrialización (incluye prefabricación)	Medio	Medio
Reducción y reciclaje de RCD	Medio	Alta
Especificación de concreto (solicitud sin exceso; desagregar especificación por tipos de elementos; 56 o 90 días como edad de diseño; P2P; uso de concreto de alta resistencia en elementos comprimidos)	Medio	Media

Tabla 2: Canales Distribución del Cemento

MEDIDAS HABILITANTES

- ▶ Actualizar normas técnicas y códigos de construcción, facilitando el despliegue de nuevas soluciones de bajo carbono; el diseño por desempeño y para larga vida en servicio; flexibilidad frente a la innovación; criterios de decisión basados en análisis de ciclo de vida; diseño por resiliencia; reducción de redundancia y sobreespecificación; entre otros aspectos.
- ▶ Políticas públicas: Incentivos, compras verdes, créditos fiscales, financiamiento, facilitar la validación técnica de materiales y sistemas constructivos innovadores.
- ▶ Capacitación a profesionales y estudiantes de nivel técnico y universitario.
- ▶ Establecer métricas de CO₂e progresivas por superficie construida y tipologías.
- ▶ Promover la industrialización en el proceso de construcción y el reciclaje de escombros de la construcción.





• **451**

kg cem/m³
Cemento en Concreto
2020

• **356**

kg cem/m³
Cemento en Concreto
2050

EFICIENCIA PRODUCCIÓN CONCRETO

→ **GRUPO A > 19%**

El concreto es un material compuesto, que está formado por un esqueleto granular y una pasta cementicia que le confiere movilidad en el estado fresco; cohesión y resistencia en estado endurecido. El cemento es el conglomerante tradicional de los concretos. La optimización en la producción de concreto, implica hacer más eficiente el uso del cemento en el concreto, para una prestación de referencia, reduciendo, además, la huella de carbono del concreto. Esta mejora se debe lograr sin comprometer la calidad del producto.

CONTEXTO

Actualmente, en LAC, el contenido unitario de cemento es de 451 kilogramos por metro cúbico de concreto, e incluye todas las aplicaciones del cemento en mezclas producidas, tanto a pie de obra como industrializadas (sacos, readymix, silos en obra y elementos prefabricados).

El porcentaje de CO₂e que aporta el cemento en el concreto se encuentra entre el 80% y 95%.

DESAFÍOS

- ▶ Disminuir la dosis de cemento en el concreto, a través, de mayor industrialización en el uso del cemento y elaboración de concretos con menor contenido de cemento, sin afectar la calidad.
- ▶ Aumentar la penetración y aceptación del mercado de nuevos cementos y concretos bajos en carbono.



7%

es el aporte del aumento en la Eficiencia de Producción del Concreto en la reducción total de emisiones hacia la Carbono Neutralidad 2050.

OPORTUNIDADES

Disminuir la principal fuente de emisiones del concreto, que es el cemento.

Elaborar concretos orientados a múltiples usos, según las dosis determinadas específicamente para ellos.

Entregar los productos necesarios para las construcciones que puedan hacer frente a eventos climáticos y desastres naturales.

Optimización y reutilización de materiales en línea con la vida útil de cada proyecto y con las condiciones de agresividad previstas.

CONTENIDO CEMENTO EN CONCRETO	2020	2030	2050
Volumen Total concreto [Mm³]	435	470	754
Concreto premezclado (%)	28	33	45
Concreto desde sacos (%)	64	59	40
Concreto desde silos (%)	5	5	5
Concreto prefabricado (%)	3	3	10
Cemento en concreto [kg cem/m³]	451	447	356
SCM en concreto [kg SCM/m³]	9	1	7
Aglutinante en concreto (kg AG/m³)	460	457	363

Tabla 3: Dosis materias primas en el concreto

MEDIDAS HABILITANTES

- Certificación y Normativa Técnica que reconozcan la menor huella de carbono embebida basada en una clasificación por resistencia del concreto.
- Control y aseguramiento de la calidad y consistencia del concreto producido localmente.
- Normas de fomento al uso del cemento en forma industrializada para la elaboración de concreto.
- Programas de capacitación y entrenamiento para nuevas tecnologías y mezclas de concreto.
- Promover la industrialización en el uso del concreto.





• **67%** • **60%**
Factor Clínker 2020 Factor Clínker 2050

CEMENTOS & ADICIONES

→ **GRUPO B > 23%**

El cemento es un conglomerante hidráulico basado en clínker, yeso y diversas adiciones como puzolana, escoria, cenizas, entre otras. El parámetro más importante para determinar las emisiones de CO₂e del cemento es su contenido o porcentaje de clínker, que se conoce como factor clínker. A nivel global, según datos reportados en GNR al año 2022, el factor clínker fue de 77%, el cual junto al yeso (5%), caliza (9%), puzolana (2%), escoria (3%); cenizas (3%) y otras adiciones (1%), forman el cemento.

CONTEXTO

En LAC, el porcentaje de clínker es de 67%, 10 puntos porcentuales bajo el valor global, debido a la mayor disponibilidad de adiciones como las puzolanas, escoria y cenizas en nuestra región lo que resulta en un producto con menores emisiones de CO₂e.

Los porcentajes de composición del cemento en LAC son los siguientes: yeso (6%), caliza (11%), puzolana (11%), escoria (2%); cenizas (2%) y otras adiciones (1%) y clínker (67%).

DESAFÍOS

- ▶ Contar con las adiciones necesarias debido a la menor disponibilidad de cenizas y escorias, que son residuos o subproductos de la industria energética termoeléctrica y acero, respectivamente, y son fundamentales para reducir el contenido de clínker.
- ▶ Lograr el reconocimiento normativo y de mercado de los nuevos cementos adicionados.
- ▶ Asegurar la calidad del cemento con menor contenido de clínker.

9%

es el aporte del reemplazo del clínker en el cemento en la reducción total de emisiones hacia la Carbono Neutralidad 2050.



OPORTUNIDADES

Disminuir el porcentaje de descarbonatación de la caliza para la producción del clínker.

Entregar nuevas materias primas bajas en carbono para construcciones que puedan hacer frente a eventos climáticos y desastres naturales.

Promover mayor uso de adiciones minerales (puzolanas, escorias, no tradicionales) y derivadas de residuos (slag y fly ash) como una estrategia para reducir la permeabilidad del cemento y mejorar durabilidad del concreto en la construcción.

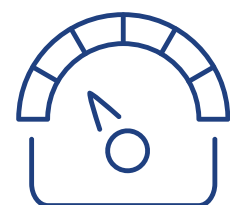
COMPOSICIÓN CEMENTO Y FCK	2020	2030	2050
FCK Concreto readymix	80%	75%	66%
FCK Concreto sacos	60%	60%	50%
FCK Concreto silos obra	80%	75%	70%
FCK Concreto prefabricado	80%	75%	65%
Clínker	67%	66%	60%
Yeso	6%	5%	5%
Caliza	11%	9%	3%
Escoria	2%	2%	1%
Cenizas	2%	2%	1%
Puzolana	11%	13%	11%
Arcillas Calcinadas y otras Adiciones	1%	3%	19%

Tabla 4: Componentes del Cemento

MEDIDAS HABILITANTES

- ▶ Normativas Técnicas, ya sean prescriptivas y/o por desempeño, que permitan el aumento de adiciones en los distintos tipos de uso de cemento, sin comprometer la calidad final
- ▶ Normas de compras públicas que incentiven el uso de cemento bajo en carbono.
- ▶ Normas que faciliten el acceso a las adiciones minerales y/o derivadas de residuos.
- ▶ Facilitar el despliegue de nuevas adiciones minerales en los cementos, por ejemplo, arcillas calcinadas.





• **3576** • **3400**

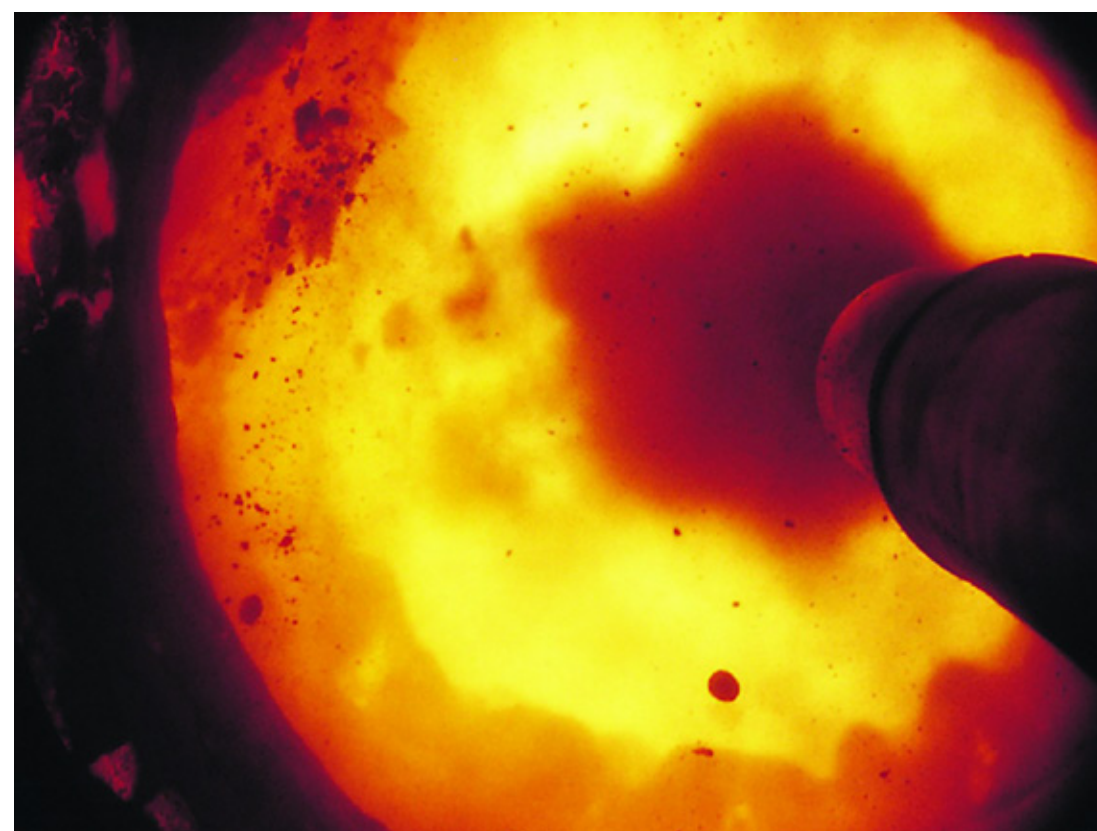
MJ/tclínker
Eficiencia Térmica
2020

MJ/tclínker
Eficiencia Térmica
2050

EFICIENCIA TÉRMICA

→ **GRUPO B > 23%**

La eficiencia térmica es el consumo de energía térmica por cada tonelada de clínker producido. Este eje depende de varios factores, entre los que se destacan la preparación de materias primas y combustibles, el aumento en la capacidad de los hornos, el cambio de hornos largos a hornos con 6 etapas y precalcinador y uso de enfriadores de clínker con tecnología eficiente. El promedio global reportado en GNR año 2022 es de 3501 MJ/tclínker.



CONTEXTO

Actualmente, en LAC, según datos de GNR del año 2022, el 55% de los hornos son de tipo proceso seco, con precalentador y precalcinador, mientras que un 24% de hornos operan con proceso seco, con precalentador y sin precalcinador, un 1% de hornos largos sin precalcinador, 18% de hornos mixtos; y el 2% restante corresponde a hornos verticales con proceso húmedo. Los valores de energía específica se encuentran entre los 3465 MJ/tclínker y los 6405 MJ/tclínker. El promedio en LAC es de 3576 MJ/tclínker.

DESAFÍOS

- ▶ Reducir el consumo térmico, a pesar de la mayor participación de los combustibles alternativos, con menor poder calorífico que los combustibles fósiles convencionales.
- ▶ Incorporar nuevos combustibles a la matriz energética, como el H2.
- ▶ Investigar mejores tecnologías en el proceso de producción del clínker, para equilibrar el aumento en la demanda energética específica por tonelada de clínker producido.

0,5%
es el aporte del
aumento de la
Eficiencia Térmica
en la reducción
total de emisiones
hacia la Carbono
Neutralidad 2050.

OPORTUNIDADES

El tipo de hornos y el proceso de producción del clínker, abre el espacio al uso de mayor cantidad de combustibles alternativos bajos en carbono, no solo en volumen, sino en variedad.

En la medida que estos hornos sean más modernos, se podrá seguir incrementando el uso de combustibles alternativos que la sociedad demande, como una solución eficaz y segura.

Lograr menor consumo de combustibles fósiles convencionales.

EFICIENCIA TÉRMICA	2020	2030	2050
Fósiles Tradicionales	89%	75%	40%
Derivados de Residuos Fósiles	8%	20%	40%
Biomasa	3%	4%	10%
Hidrógeno	0%	1%	10%
Eficiencia Térmica [MJ/tCk]	3576	3500	3400

Tabla 5: Matriz Combustibles y Eficiencia Térmica

MEDIDAS HABILITANTES

- ▶ Normas de eficiencia energética que incentiven el uso de biomasa y combustibles derivados de residuos o hidrógeno en el sector cemento.
- ▶ Facilitar los permisos para tecnologías o instalaciones que mejoren la eficiencia térmica de las plantas de cemento.
- ▶ Incentivar mediante subsidios o financiamiento, nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia térmica.





• **89%** • **40%**
Fósiles Tradicionales 2020 Fósiles Tradicionales 2050

Los combustibles fósiles tradicionales utilizados en hornos de cemento son, principalmente, el carbón y los derivados del petróleo. La energía aportada por este tipo de combustibles, corresponde a la suma de la participación de cada uno de ellos. A nivel global, según GNR 2022, los combustibles fósiles tradicionales correspondieron al 77% de la matriz de combustibles, distribuidos de la siguiente manera: carbón, 38%, petcoke 25%, gas natural 10% y el 4% restante, otros combustibles.

CONTEXTO

Actualmente, el uso de combustibles fósiles es predominante en la industria del cemento, debido a su alta disponibilidad y bajo costo. En la región, el 81% de la matriz de combustibles de la industria cementera corresponde a fósiles tradicionales, distribuidos de la siguiente manera: 49% petcoke, 16% carbón, 14% gas natural y el 2% restante a otros combustibles.

COMBUSTIBLES FÓSILES TRADICIONALES

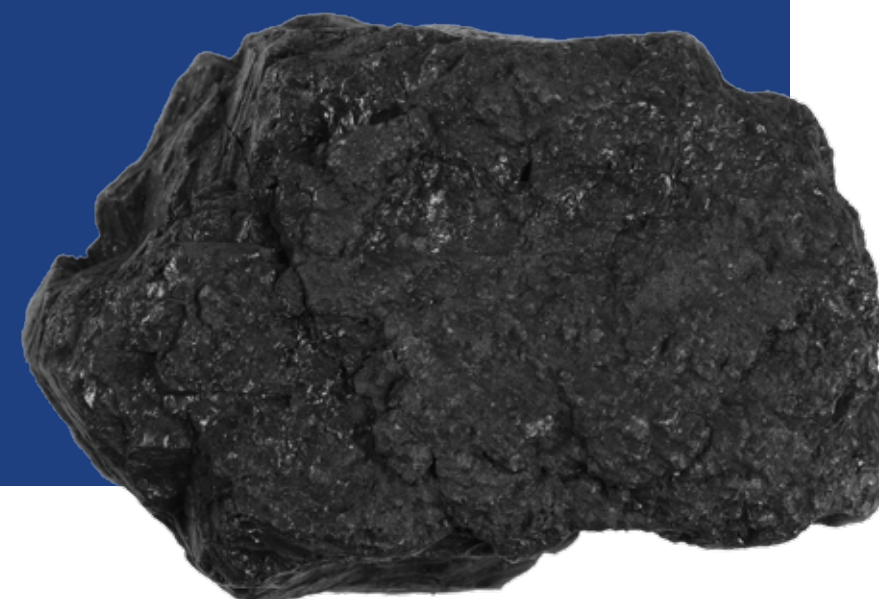
GRUPO B > 23%

DESAFÍOS

- ▶ Transitar de manera sostenible a un retiro gradual de los combustibles fósiles tradicionales, debido a la dependencia histórica de éstos en la matriz energética regional.
- ▶ Priorizar el uso de combustibles fósiles tradicionales con menor huella de carbono.
- ▶ Reconocer al gas natural como un combustible de transición, en la agenda del sector cemento hacia la carbono neutralidad.
- ▶ Lograr cambios culturales en la plantas cementeras para disminuir la dependencia en estos combustibles.

3,2%

es el aporte de reemplazar los Combustibles Fósiles Tradicionales en la reducción total de emisiones hacia la Carbono Neutralidad 2050.



OPORTUNIDADES

Aumentar la valorización de residuos, desplazando la segunda mayor fuente de emisiones en la producción del clínker que son los combustibles fósiles.

Intensificar el uso de combustibles nuevos y alternativos, económicamente competitivos frente a los combustibles tradicionales.

Disminuir la dependencia de mercados internacionales, pues los combustibles alternativos pueden ser obtenidos localmente.

MATRIZ COMBUSTIBLES	2020	2030	2050
Derivados de Residuos Fósiles	8%	2%	40%
Biomasa	3%	4%	10%
Hidrógeno	0%	1%	10%
Total Fósiles Tradicionales	89%	75%	40%
Carbón	11%	9%	5%
Petcoke	71%	60%	30%
Gas natural	8%	6%	5%

Tabla 6: Matriz de Combustibles y Fósiles Tradicionales

MEDIDAS HABILITANTES

- ▶ Normas de gestión de residuos que reconozcan e incentiven el coprocesamiento en el marco de la jerarquía de residuos.
- ▶ Fomentar el despliegue de combustibles alternativos con mayor poder calorífico, que faciliten la transición energética.
- ▶ Establecer gradualidad en el proceso de desplazamiento de los combustibles fósiles para permitir la adecuación tecnológica y económica del sector.





8%
Coprocesamiento
2020

40%
Coprocesamiento
2050

Corresponden a combustibles cuya energía proviene de la fracción fósil de los residuos. Entre ellos se puede destacar los derivados de residuos urbanos o industriales, neumáticos fuera de uso, plásticos, solventes, aceites usados, entre otros, lo que permite el desplazamiento del uso de combustibles fósiles tradicionales. La energía aportada por este tipo de combustibles corresponde a la suma de la participación de cada uno de ellos. Según datos GNR del año 2022, a nivel global, se reporta un 14% de combustibles derivados de residuos, distribuidos de la siguiente manera: residuos industriales y urbanos 8%, neumáticos fuera de uso 2% y un 4% de otros combustibles.

CONTEXTO

El bajo despliegue de este eje, se debe, entre otros factores, a la inadecuada gestión de los residuos en la Región.

Actualmente, la participación de este tipo de combustibles, a nivel regional es de 8%, distribuidos de la siguiente manera: 4% corresponde a residuos industriales y urbanos, 2% a neumáticos fuera de uso, y el 2% restante, a otros combustibles derivados de residuos.

COMBUSTIBLES DERIVADOS DE RESIDUOS FÓSILES

GRUPO B > 23%

DESAFÍOS

- ▶ Reconocimiento del coprocesamiento como una solución ambientalmente adecuada para el uso de combustibles alternativos.
- ▶ Contar con los marcos regulatorios que hagan efectiva la internalización de los costos de una gestión segura para los residuos
- ▶ Invertir en las actividades de preparación, transporte y alimentación de combustibles derivados de residuos
- ▶ Aceptación social y de mercado de este tipo de combustibles.

8%

es el aporte al aumentar los Combustibles Derivados de Residuos Fósiles en la reducción total de emisiones hacia la Carbono Neutralidad 2050.



OPORTUNIDADES

- Disminuir emisiones en otros sectores, al evitar la quema al aire libre de residuos o disposición en rellenos sanitarios.
- Reducir los plásticos en diversos ecosistemas; la contaminación de suelos y cuerpos de agua superficiales o subterráneos.
- Evitar los impactos sanitarios negativos de disposiciones inadecuadas, como el dengue y otras enfermedades generadas por los neumáticos fuera de uso.

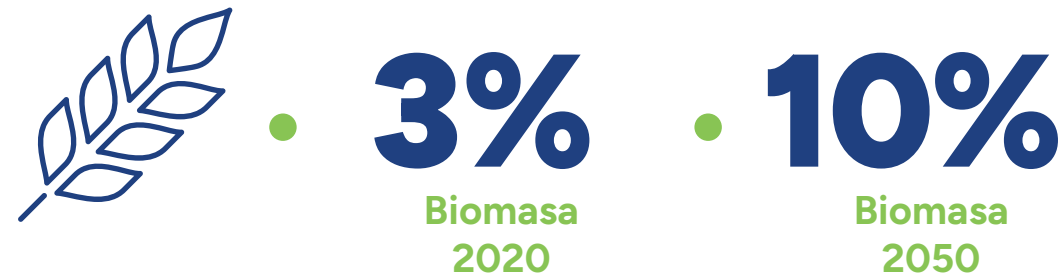
MATRIZ COMBUSTIBLES	2020	2030	2050
Fósiles Tradicionales	89%	75%	40%
Derivados Residuos Fósiles	8%	20%	40%
Residuos Sólidos (urbanos/industriales)	4%	10%	20%
Neumáticos Fuera de Uso	2%	4%	9%
Otros Residuos	2%	6%	11%
Biomasa	3%	4%	10%
Hidrógeno	0%	1%	10%

Tabla 7: Matriz de Combustibles y Derivados de Residuos Fósiles

MEDIDAS HABILITANTES

- Normas de gestión de residuos que reconozcan e incentiven el coprocesamiento en el marco de la jerarquía de residuos.
- Reconocimiento de la carbono neutralidad de los combustibles derivados de residuos fósiles.
- Fomentar el despliegue de combustibles alternativos como neumáticos fuera de uso, aceites usados, plásticos; y envases y embalajes, entre otros.
- Penalizar acciones ambientalmente inadecuadas como la quema al aire libre de plásticos y otros residuos potencialmente valorizables.
- Dado los mayores costos productivos, la legislación debe asignar responsabilidades claras y establecer metas de recuperación.





Los combustibles derivados de biomasa para la producción de clínker reemplazan el uso de combustibles fósiles tradicionales y provienen de distintas fuentes, como de actividades agrícolas, forestales, lodos residuales, papeles y cartones descartados o forman parte de residuos compuestos como los neumáticos fuera de uso. Actualmente, la biomasa en el total de energía utilizada en los hornos alcanza, a nivel global, un 9% (GNR-2022). En específico, los residuos agrícolas aportan un 3%, los residuos de maderas un 2%, las harinas de origen animal 1%, lodos un 1% y el 2% restante, corresponde a otras biomasas.

CONTEXTO

A nivel regional, la participación de biomasa en la matriz total de combustibles es de 3%, En específico, los residuos agrícolas aportan un 2%, los residuos de maderas un 0,5%, y el otro 0,5% restante, corresponde a otras biomasas.

Este combustible de biomasa tiene actualmente un gran potencial de uso en LAC, por su alta disponibilidad en una región con vocación agrícola y forestal. La relevancia de esta opción es que por su carácter biogénico asegura un ciclo de carbono neutro, y al reemplazar combustibles fósiles se logra una reducción neta de emisiones de GEI.

COMBUSTIBLES DERIVADOS DE BIOMASA

GRUPO B > 23%

DESAFÍOS

- ▶ Consolidar el reconocimiento de la biomasa como combustible carbono neutral.
- ▶ Lograr la acreditación y contabilización de las reducciones de GEI debido a el metano evitado por usar biomasa proveniente de RSU.
- ▶ Habilitar hornos para la utilización de este combustible para ajustarse a los distintos poderes caloríficos de las biomasas.

1%
es el aporte directo al
aumentar los
Combustibles Derivados
de Biomasa en la reducción
total de emisiones hacia la
Carbono Neutralidad
2050.



OPORTUNIDADES

→ Aportar a la gestión de residuos integral de los países, mediante los los distintos beneficios del coprocesamiento de biomasa, tales como: evitar emisiones de CO₂e, reducir emisiones de metano en los rellenos sanitarios, minimizar las quemas al aire libre, entre otras.

Disminuir el riesgo de incendios agrícolas y forestales, al evitar quemas al aire libre.

Reducir la huella en el transporte de combustible, pues las biomasa valorizables se encuentran en el entorno cercano a las plantas.

MATRIZ COMBUSTIBLES	2020	2030	2050
Fósiles Tradicionales	90%	75%	40%
Derivados Residuos Fósiles	8%	20%	40%
Biomasa	3%	4%	10%
Residuos Agrícolas	2%	3%	7%
Maderas	0.5%	0.5%	1.5%
Otros Residuos Biomasa	0.5%	0.5%	1.5%
Hidrógeno	0%	1%	10%

Tabla 8: Matriz Combustibles y Biomasa

MEDIDAS HABILITANTES

- ▶ Que se reconozca el coprocesamiento de biomasa en los marcos regulatorios locales como una solución segura y carbono neutral para estos residuos.
- ▶ Reconocer el contenido de biomasa disponible en los neumáticos fuera de uso.
- ▶ Desincentivar acciones de disposición de biomasa ambientalmente inadecuadas, en favor de la valorización energética.
- ▶ Establecer incentivos económicos y mecanismos de colaboración entre los generadores de biomasa y las plantas de cemento.





El hidrógeno bajo o nulo en carbono se produce, principalmente, a través de energía eléctrica renovable, para el proceso de electrólisis, el cual consume aproximadamente 44 MWh para producir 1 tonelada de LCH con un 75% de eficiencia, generando un combustible que alcanza un poder calorífico del orden de 120 MJ/kg hidrógeno.

Para el sector cemento, existen usos a baja escala y pruebas industriales con altos niveles de reemplazo, como por ejemplo, la realizada en Reino Unido, que empleó 40% de hidrógeno inyectado por el quemador principal.

CONTEXTO

El uso de hidrógeno en la industria del cemento presenta un bajo despliegue en nuestra Región, sólo en equipos menores, y o como mejorador del poder calorífico de otros combustibles, aún sin participación dentro de la matriz energética.

El costo de producción actual, fluctúa entre los 4 y 8 USD/kg aproximadamente, y se proyecta que se reduzca entre 1,5 a 2 USD/kg, todo lo anterior dependiendo de los costos y disponibilidad de energía eléctrica renovable.

HIDRÓGENO BAJO/NULO EN CARBONO (LCH)

GRUPO B > 23%

DESAFÍOS

- Determinar los requerimientos para la adecuación de hornos para la utilización del LCH a gran escala.
- Disponer de la energía eléctrica necesaria que sea baja o nula en emisiones de CO₂e para la producción de LCH.

1,3%
es el aporte del uso
del 10% de LCH en la
reducción total de
emisiones hacia la
Carbono Neutralidad
2050.



OPORTUNIDADES

Incrementar el uso de combustibles alternativos de bajo poder calorífico, debido a las cualidades energéticas del H_2 .

Mejorar la combustión de los hornos al utilizar el O_2 remanente del proceso de electrólisis.

Además, de acuerdo a los Papers ECRA, tiene los siguientes beneficios operacionales: (i) radiación de la llama significativamente menor; (ii) velocidad de inyección permite regular temperatura y radiación; (iii) no afecta al consumo térmico; (iv) se reduce demanda de O_2 ; (v) requiere menos aire para la combustión; (vi) no afecta la calidad del clinker.

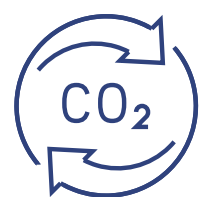
MATRIZ COMBUSTIBLES	2020	2030	2050
Fósiles Tradicionales	90%	75%	40%
Derivados Residuos Fósiles	8%	20%	40%
Biomasa	3%	4%	10%
Hidrógeno	0%	1%	10%
Energía producción H_2 (MWh/t H_2)	44	44	44
Poder Calorífico (MJ/kg H_2)	120	120	120

Tabla 9: Matriz Combustibles e Hidrógeno bajo en Carbono

MEDIDAS HABILITANTES

- ▶ Marcos regulatorios e infraestructuras que permitan un desarrollo sostenible. para la producción, transporte, almacenamiento y uso a gran escala del hidrógeno.
- ▶ Promoción y fomento del uso de Hidrógeno a través de normas y políticas nacionales.
- ▶ Regular las autorizaciones para el uso y funcionamiento de instalaciones de producción de Hidrogeno.
- ▶ Incentivar los Hub industriales, o similares, para hacer más competitivo este combustible.





CAPTURA, USO Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO (CCUS)

GRUPO C > 42%

• **30%**
CCUS al 2050

De acuerdo a los Paper ECRA, las tecnologías de captura aplicadas para la producción de clínker, se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- ▶ **Post-combustión:** Absorción química con aminas, adsorción física; e.g., membranas, adsorción por oscilación de presión (PSA), adsorción por oscilación de temperatura (TSA), captura criogénica, Looping de calcio.
- ▶ **Oxycombustión:** Reformado de gas con captura de CO₂e antes de la combustión.
- ▶ **Pre-combustión:** Reformado de gas con captura de CO₂e antes de la combustión.
- ▶ **Calcinación indirecta:** Separación de CO₂e durante el proceso de calcinación, como en la tecnología LEILAC.
- ▶ A nivel mundial, existen pilotos en 26 plantas de cemento, ubicados en EEUU, Canadá, UE, China, India, Taiwan, y Reino Unido.

CONTEXTO

En LAC, actualmente sólo existe un proyecto a nivel piloto de captura en una planta en Colombia, mediante la tecnología de microalgas. Dado el alto nivel de inversiones, la falta de tecnologías de captura disponibles a escala y temas logísticos, como el eventual transporte o determinación de lugares de depósito, hacen que el despliegue en la Región se estime en el mediano plazo.

DESAFIOS

- ▶ Contar con la energía eléctrica que deberá ser incorporada a las plantas de cemento por CCUS.
- ▶ Lograr nivel de maduración tecnológica (TRL) necesaria de los proyectos CCUS que serán incorporados a las plantas de cemento.
- ▶ Determinar claramente el destino del CO₂e capturado y sus implicancias técnicas y legales.

30%
es el aporte del eje
CCUS en la reducción
total de emisiones
hacia la Carbono
Neutralidad 2050.

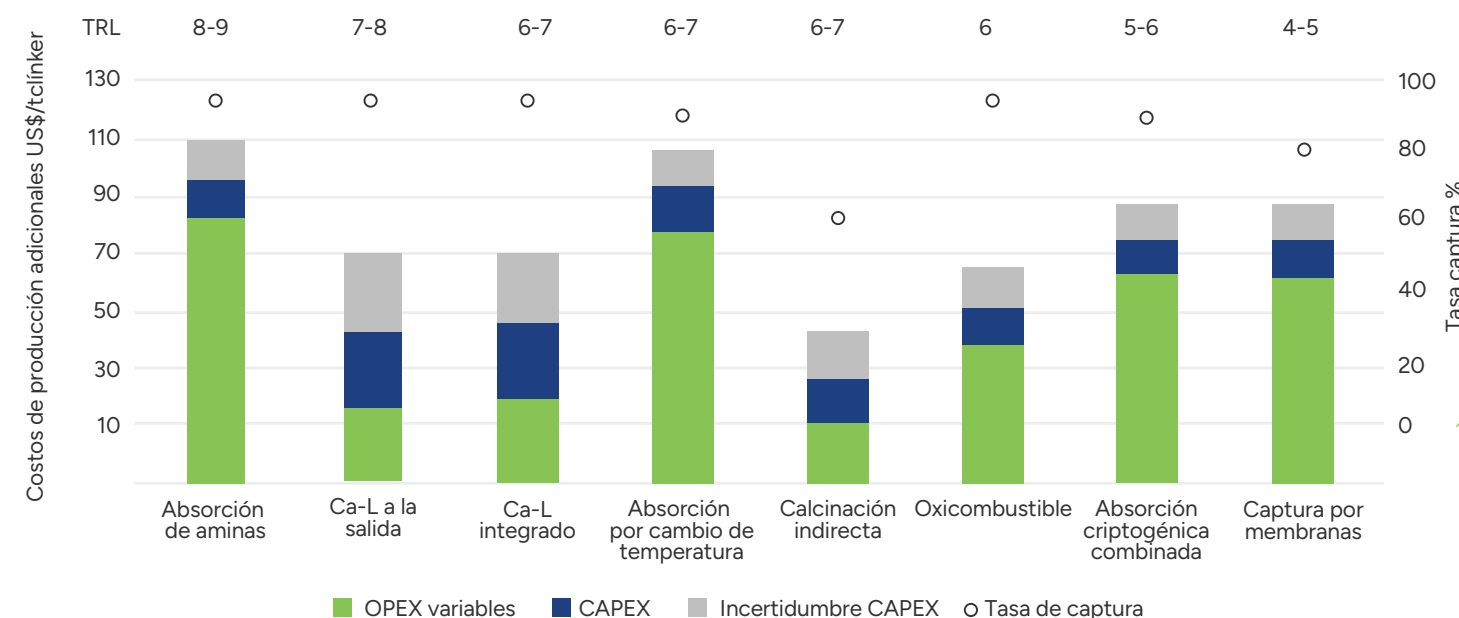


Gráfico 2: Tecnologías CCUS

El gráfico muestra los costos adicionales operacionales y de inversión para tecnologías de CCUS; el nivel actual de preparación de cada una de las tecnologías (TRL) y su tasa de captura de carbono.



Oportunidades

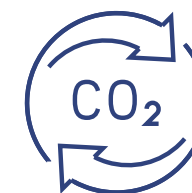
Algunos usos en otros sectores para el CO₂e capturado en las plantas de cemento, son los siguientes:

- ▶ **Producción de combustibles sintéticos:** Power-to-Gas (PtG) - Producción de metano mediante la reacción de CO₂e con hidrógeno; Power-to-Liquids (PtL) - Producción de combustibles líquidos como metanol o hidrocarburos.
- ▶ **Producción de productos químicos:** Síntesis de productos como urea, metanol, o polímeros mediante la reacción de CO₂e con otros compuestos.
- ▶ **Fotosíntesis artificial y microalgas:** Uso de CO₂e en la fotosíntesis de microalgas para producir biomasa o biocombustibles.
- ▶ **Recuperación mejorada de petróleo (EOR) y gas (EGR):** Inyección de CO₂e para aumentar la extracción de petróleo o gas y almacenarlo al mismo tiempo.
- ▶ **Producción de materiales de construcción:** Uso de CO₂e en la fabricación de hormigón y otros materiales de construcción mediante carbonatación.

Posicionamiento de productos de bajo a nulo carbono, en línea con la demanda de segmentos de mercado especializados o para atender demanda pública en proyectos específicos.

MEDIDAS HABILITANTES

- ▶ Promoción de Tecnologías CCUS adecuadas a cada tipo de instalación o planta.
- ▶ Establecimiento de Normas y Estándares para CCUS, que se adecúen a la realidad local y tipo de tecnología usada.
- ▶ Establecer mecanismos de compensación y subsidios a los mayores costos como el de energía adicional requerida.
- ▶ Promover el uso del CO₂e capturado en plantas de cemento en otras cadenas de valor.



**0%**Descarbonización
por Metano Evitado
al 2020**3%**Descarbonización
por Metano
Evitado al 2050

METANO EVITADO POR EL COPROCESAMIENTO

GRUPO C > 42%

DESAFIOS

- ▶ Existen metodologías de cuantificación de GEI evitados por la captura y destrucción de CH_4 en rellenos sanitarios. También existen metodologías para cuantificar las emisiones de GEI evitadas por el uso de biomasa reemplazando combustibles fósiles en los hornos de clinker. El desafío es desarrollar una metodología reconocida internacionalmente para cuantificar el efecto de extraer biomasa de los rellenos que en un cierto porcentaje no se destruirá y que generaría emisiones de CH_4 en un escenario normal de operaciones.
- ▶ Incrementar el porcentaje de biomasa metanizable utilizada como combustible en los hornos de clinker.

3%

aporta el eje
Metano Evitado por
Coprocesamiento
en la reducción
total de emisiones
requerida hacia la
Carbono
Neutralidad 2050.

CONTEXTO

Actualmente, las emisiones de CH_4 representan del orden del 1% de las emisiones de GEI en LAC, y están fuertemente concentradas en los rellenos sanitarios. Uno de los grandes desafíos de las estrategias de desarrollo de nuestros países es transicionar hacia rellenos sanitarios como forma de disposición preferente de residuos, lo que conllevará mayores emisiones de metano a futuro (en contraposición a la descomposición o quema al aire libre).



OPORTUNIDADES

Reducir significativamente las emisiones de metano en rellenos sanitarios, utilizando la fracción orgánica de los residuos como combustible alternativo en los hornos de clinker.

Al integrar combustibles de biomasa en los procesos de producción, no solo se evita la generación de metano en los rellenos, sino que también se disminuye el uso de combustibles fósiles en la combustión de los hornos.

Contribuir a la economía circular al evitar emisiones de GEI y utilizar, además, residuos como combustibles.

METANO EVITADO

	2020	2030	2050
Emisiones por combustión Biomasa kg CO ₂ e/kgCk	0,011	0,014	0,034
Emisiones GEI Biomasa M tCO ₂ e	1,5	1,9	5,4
Emisiones Metano Evitado MtCO ₂ e	1,8	2,2	6,4

Nota: Los factores para evitar las emisiones de metano, se basan en experiencia práctica, por lo cual deben ser validados y/o corregidos mediante metodologías que cumplan estándares internacionales.

MEDIDAS HABILITANTES

- ▶ Reconocimiento de estas reducciones por parte de la regulación nacional en la región.
- ▶ Integrar las acciones que eviten el metano en rellenos a políticas climáticas nacionales e internacionales, sin quitar condiciones de adicionalidad a sus proponentes prácticos.
- ▶ Desarrollar de metodologías que permitan cuantificar las emisiones evitadas de GEI en el ciclo de vida completo de la reducción de la fracción orgánica de los residuos en los rellenos y su uso como combustible alternativo.
- ▶ Incentivar proyectos bajo el alero del Artículo 6.2. del Acuerdo de París de manera de acelerar la adopción de estas prácticas a nivel regional





SOLUCIONES CLÍMATICAS BASADAS EN LA NATURALEZA

→ **GRUPO C > 42%**

Las Soluciones climáticas basadas en la Naturaleza (ScbN) se refieren las estrategias, iniciativas y proyectos que utilizan procesos y ecosistemas naturales para abordar los desafíos de mitigación y resiliencia al cambio climático.

Para efectos de consistencia con palancas de descarbonización como CCUS, en este acápite sólo se consideran proyectos que conducen a remociones permanentes de GEI.

CONTEXTO

Existen nueve tipologías de proyectos de remociones de ScbN (desde reforestación a manejo regenerativo de suelos, pasando por recuperación de humedales hasta llegar a silvicultura urbana). En todas esas dimensiones LAC tienen un enorme potencial de desarrollo, por las condiciones especiales de suelos y climas que favorecen el crecimiento de la biomasa y la captura de carbono.

Hemos concentrado nuestro análisis en proyectos de reforestación porque: a) es una alternativa probada y que tiene la escalabilidad requerida dada la demanda de reducciones de los sectores intensivos en emisiones; b) son costo-competitivas y c) existe potencial para desarrollarlas sin competir con usos del suelo para alimentación.



DESAFIOS

- ▶ Consolidar la creciente aceptación de esta palanca dentro de las políticas regulatorias de LAC.
- ▶ Generar mecanismos innovadores de financiamiento y gestión de proyectos fuera de las competencias tradicionales de la industria del cemento.
- ▶ Aprovechar esta palanca para lograr modelos equilibrados de descarbonización con desarrollo económico local, y liderar, además, la agenda de adaptación climática resiliente.

9%

De uso de ScbN implica en nuestra región el equivalente a la reforestación del 7% de la superficie deforestada en un año en LAC.

OPORTUNIDADES

En todos los países LAC donde se han establecido regulaciones a las emisiones de GEI, se han habilitado mecanismos de reconocimiento de proyectos de ScbN.

América Latina tiene el mayor potencial de crecimiento de biomasa (y captura de carbono) del mundo.

Las ScbN generan, además, numerosos co-beneficios sociales y ambientales, compatibles con la agenda de desarrollo de países con economías en crecimiento.

No existe riesgo tecnológico en los proyectos a ejecutar, sólo riesgo de ejecución que no capture el potencial de la Naturaleza.

VARIABLES CRÍTICAS

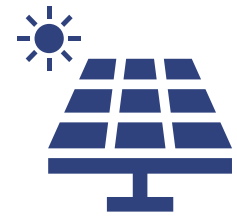
	Valor/Unidad
Producción unitaria cemento	1,0 M ton
Emisión equivalente	0,6 M tCO ₂ e
Tasa mínima de Captura Reforestación LAC	20 tCO ₂ e/ha-año
Superficie total requerida	29 mil ha
Costo abastimiento equivalente	8 – 28 USD/tCO ₂ e

Para un nivel de 9% de las emisiones residuales, la industria LAC del cemento deberá consolidar una superficie plantada de sumideros permanentes de 660 mil hectáreas (equivalente al 7% de la tasa de deforestación de LAC en un año promedio).



MEDIDAS HABILITANTES

- ▶ Gestionar el desarrollo de los marcos regulatorios de descarbonización en la región, de manera que ellos tal como ahora-, reconozcan los proyectos de ScbN como mecanismo alternativo de cumplimiento.
- ▶ Fomentar el despliegue de acuerdos en el marco del artículo 6.2 del Acuerdo de París en la región, que reconozcan proyectos ScbN y que ayuden a acelerar el despliegue de estas soluciones en el periodo anterior al 2050.
- ▶ Canalizar adecuadamente los incentivos y subsidios que existan –o pudieran desarrollarse- para catalizar la implementación de proyectos ScbN.
- ▶ Integrar las ScbN en los planes nacionales de acción climática, pero que no afecten los criterios de adicionalidad de los proyectos.



24
TWh
Consumo Total 2020

64
TWh
Consumo Total 2050

CONSUMO ELÉCTRICO BAJO EN CARBONO

El consumo eléctrico corresponde a la cantidad total de energía eléctrica que se necesita para la producción de cemento, y se mide en kilovatios hora (kWh). De la misma manera, en las plantas de concreto existe consumo eléctrico, el que es menor en comparación al cemento. De acuerdo a los datos reportados en GNR 2022, el consumo global por tonelada de cemento producido es de 112 kWh y el consumo total está sobre los 50 TWh. A nivel global, el factor promedio de emisión de la red es de 500 kgCO₂/MWh, donde una parte significativa de la electricidad todavía proviene de combustibles fósiles.

CONTEXTO

En la Región, el consumo eléctrico total es de 24 TWh, para plantas de cemento y concreto; la demanda eléctrica específica por tonelada de cemento es de 120 kWh, y para el concreto es de 3 kWh por cada m³ de concreto producido.

El factor de emisión promedio de la red es de 400 kgCO₂/MWh, menor en comparación a referencias internacionales, lo que demuestra, en alguna medida, la baja huella de la red, por la energía generada por centrales hidroeléctricas y la inclusión de fuentes de energía renovables.

DESAFÍOS

- Disponer de la energía adicional que se requerirá por el aumento en el consumo eléctrico al año 2050, al incorporar tecnologías de CCUS y LCH como combustible, aumento que dependerá de la magnitud de la adopción tecnológica y las políticas energéticas de la región.
- Transición hacia una matriz energética eléctrica 100% renovable para neutralizar la huella de CO₂e.

8%
es el aporte al
reemplazar la matriz
energética eléctrica
actual por una red
100% carbono neutral
en la reducción total
de emisiones hacia la
Carbono Neutralidad
2050.



OPORTUNIDADES

- Disminuir la dependencia de fuentes convencionales de energía eléctrica reemplazándolas por energía renovable, sea de forma interna o por conexión a una matriz nacional baja en carbono.

Modernizar la infraestructura eléctrica y promover uso redes inteligentes.

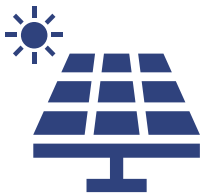
Generar proyectos propios de generación eléctrica renovable no convencional.

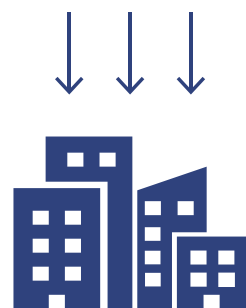
EMISIONES INDIRECTAS (ALCANCE 2)	2020	2030	2050
Emisión Red Eléctrica [gCO ₂ /kWh]	500	200	0
Consumo Eléctrico Cemento [TWh]	23,5	25,2	30,4
Consumo Específico (kWh/tcem)	120	120	113
Consumo Eléctrico concreto [TWh]	0,4	0,5	1,98
Consumo Eléctrico CCUS [TWh]	0	0	31,8
Consumo Eléctrico Total [TWh]	24	26	64

Tabla 10: Consumo Eléctrico

MEDIDAS HABILITANTES

- Fomentar la conexión a matrices renovables.
- Facilitar los permisos para las plantas in situ de generación eléctrica renovable.
- Normas que faciliten la compra directa de energía eléctrica renovable de largo plazo, o en su defecto, de los atributos de renovabilidad de la energía eléctrica que va a la red.
- Mejoramiento de las redes de transmisión eléctrica e implementar tecnologías de redes inteligentes, que permitan la gestión eficiente del suministro de energía eléctrica.





• **14**
MtCO₂
Recarbonatación
al 2020

• **17**
MtCO₂
Recarbonatación
al 2050

RECARBONATACIÓN

La carbonatación natural es una reacción química espontánea con el CO₂ del aire ambiental que penetra y se reabsorbe en sustratos expuestos de naturaleza cementicia, reaccionando con los productos de hidratación del cemento, formando carbonatos estables que se integran en la estructura del material, siendo común en estructuras de concreto a lo largo del tiempo. En esta hoja de ruta se asume que este fenómeno de captura y sumidero permanente de CO₂e representa el equivalente al 20 % del CO₂e que se emite en concepto de descarbonatación de la caliza.

CONTEXTO

El eje de recarbonatación se considera actualmente como una estrategia para reducir la huella de carbono en la industria de la construcción, lo cual ha sido indicado en el 6° Informe del IPCC (AR).

El año 2018, el Instituto de Investigación Ambiental de Suecia, elaboró el documento Antecedentes y modelos de cálculo para la implementación del IPCC, sobre la recarbonatación.

En nuestra región se requiere el reconocimiento de este proceso, para que sea considerado, en los inventarios nacionales de GEI y otros instrumentos similares.

DESAFÍOS

- ▶ Realizar mediciones locales y/o estimaciones de recarbonatación en los países de la Región.
- ▶ Buscar reconocimiento de la recarbonatación a nivel de políticas climáticas y en la contabilidad emisiones de GEI, por la compleja cuantificación a gran escala y su variabilidad inherente, por lo cual el 20% de recarbonatación en el concreto, podría ser aún mayor.
- ▶ Maximizar la carbonatación natural en el caso de concretos estructurales sin deteriorar las propiedades durables frente a la corrosión de la armadura de refuerzo; utilización concreto reciclado o aplicación tecnologías que aceleren recarbonatación.
- ▶ Planificar carbonatación de restos de concreto que resultan de la demolición controlada de estructuras al final de su vida útil.

8%
aporta el eje
Recarbonatación
en la reducción
total de emisiones
hacia la Carbono
Neutralidad 2050.



OPORTUNIDADES

- Contar con construcciones diseñadas y construidas de manera que maximicen la recarbonatación natural para mitigar la huella de carbono neta de las construcciones de concreto y de ellas mismas.

Integrar la recarbonatación en estrategias de sostenibilidad, pudiendo diferenciarse con otros sectores de la construcción, en un mercado donde la demanda de soluciones bajas en carbono está en aumento.

Desarrollo de nuevas soluciones innovadoras en el campo de la carbonatación forzada y la mineralización de CO₂e en estado fresco y joven de concretos, morteros y pastas de cemento, incluidos sus posibles beneficios económicos de nuevas cadenas de valor.

RECARBONATACIÓN	2020	2030	2050
Factor Recarbonatación	20%	20%	20%
Factor Emisión Calcinación (kgCO ₂ /kgCk)	0,525	0,525	0,525
Volumen Producción Clínter (MtCk)	131,6	141,1	160,2
Sumidero Emisiones (MtCO₂)	13,8	14,8	17,2

Tabla 12: Recarbonatación del Concreto

MEDIDAS HABILITANTES

- Reconocimiento de la carbonatación natural como medida de captura y sumidero de CO₂e.
- Normas técnicas que incentiven la maximización de la recarbonatación en el concreto.
- Promover una estrategia y sus medidas de acción para lograr que los residuos de construcción y demolición carbonatables tengan ese tratamiento, previo a su reutilización en la producción de nuevos concretos u otras cadenas productivas.
- Promover activamente en la comunidad técnica de diseñadores, proyectistas y constructores mayor conocimiento sobre el fenómeno, y brindar herramientas para optimizar la carbonatación natural como estrategia contributiva a la reducción de la huella de carbono de las edificaciones base concreto/cemento.





4

Compromisos, Metas e Indicadores al año 2030





• **<520** • **<500**
kgCO₂/tcm Emisiones Netas 2030 kgCO₂/tcm Emisiones Netas 2030

Condicionada a Marcos Regulatorios

Condicionada a Financiamiento y Marcos Regulatorios

METAS 2030 CEMENTO

Para el año 2030, se han fijado dos escenarios, uno de acuerdo con las metas ya establecidas en las Hojas de Ruta de la región al 2030 y un segundo escenario más ambicioso, de acuerdo con las nuevas métricas establecidas en el Roadmap de GCCA. Ambos escenarios requieren la existencia de los marcos regulatorios habilitantes señalados en esta Hoja de Ruta. Para el segundo escenario, es condición adicional el acceso a financiamiento de las inversiones requeridas.

Para establecer la meta al año 2030 de 520 kCO₂/tcm netas, se consideraron los factores de emisión establecidos por la Agencia Internacional de Energía en su Roadmap para el sector cemento del año 2018. Esta referencia fue, además, la base metodológica en nuestra región para las 12 Hojas de Ruta País bajas en Carbono al 2030.

Para establecer la meta al año 2030 de 500 kCO₂/tcm, se consideró el criterio establecido en el Roadmap de GCCA Cement and Concrete Net Zero 2050, que es reducir un 20% las emisiones netas de CO₂e por tonelada de cemento con respecto a las emisiones globales del año 2020.

CONTEXTO

Actualmente, de acuerdo a datos publicados por GNR, la industria de nuestra región ha alcanzado un 17% de reducción de sus emisiones de CO₂e netas, con respecto al año 1990, pasando de los 709 kgCO₂/tcm a los de 589 kgCO₂/tcm en el año 2020.

Otros indicadores relevantes del sector al año 2020; el factor clínker que alcanzó el 72%, la tasa de coprocesamiento que fue de un 17%, incluyendo un 7% de biomasa, ambos ejes relevantes en las reducciones de CO₂e alcanzadas a la fecha.

DESAFÍOS

- ▶ Reconocimiento de estas metas y sus condiciones de cumplimiento por los gobiernos de la región.
- ▶ Acelerar los Marcos Regulatorios que habiliten alcanzar las metas señaladas.
- ▶ Acceder a financiamiento y asistencia internacional que asegure el despliegue tecnológico requerido.
- ▶ Incrementar significativamente el coprocesamiento al año 2030, teniendo como base el actual 17% de tasa de reemplazo.
- ▶ Reducir el contenido de clínker en el cemento, al menos, a un 66% en la región al año 2030, teniendo como referencia que actualmente a nivel global este indicador alcanza un 78%.

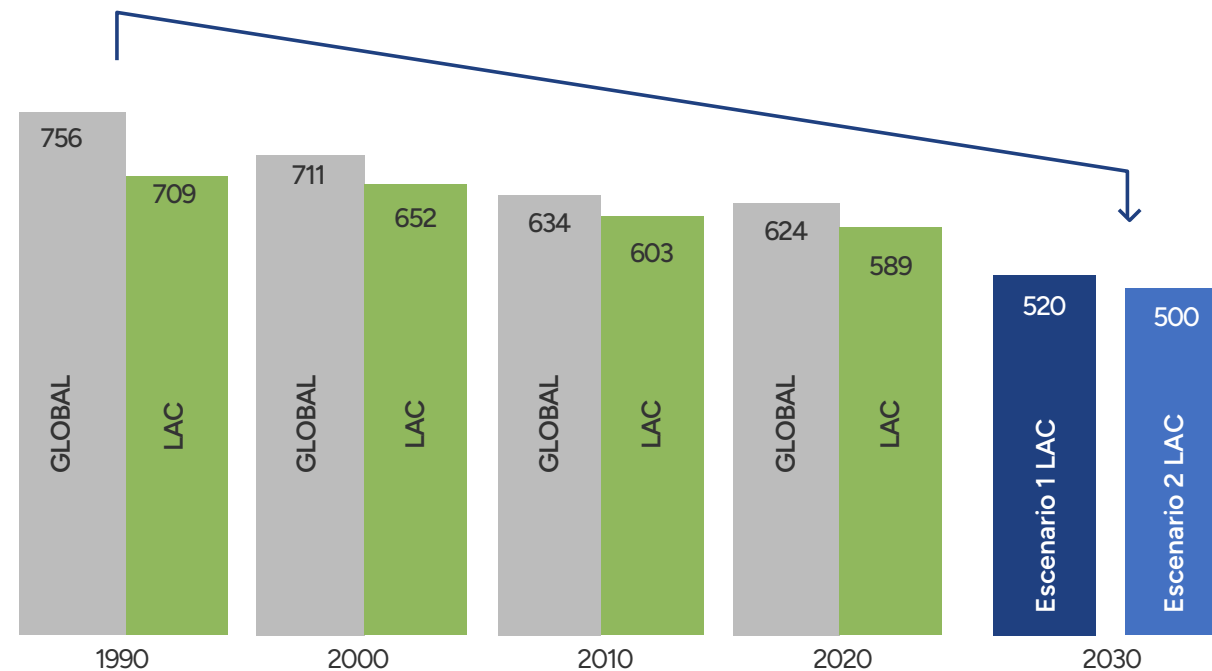




METAS 2030 CEMENTO

Oportunidades

- ▶ Contribuir con el coprocesamiento a una solución segura e integral para el manejo de los residuos.
- ▶ Seguir modernizando las plantas con tecnologías más avanzadas y eficientes, permitiendo reducir el consumo de energía; mejorando la productividad y reduciendo los costos operativos, entre otros.
- ▶ Aportar con productos bajos en carbono para el sector construcción.
- ▶ Desarrollar un trabajo colaborativo entre sector público y privado, para alcanzar las metas climáticas nacionales y de nuestro sector.



El gráfico muestra las emisiones netas del cemento en distintos años, según reporte en GNR. Se puede observar que en LAC no sólo se ha ido reduciendo las emisiones; las emisiones reportadas el año 1990 ya eran menores en comparación al nivel global. Los porcentajes de reducción al año 2030 mostrados son respecto al año 1990 a nivel global y regional.

MEDIDAS HABILITANTES

- ▶ Normativas que permitan el aumento de adiciones en los distintos tipos de uso de cemento, sin comprometer la calidad final.
- ▶ Normas de compras públicas que incentiven el uso de cemento bajo en carbono.
- ▶ Normas de gestión de residuos que reconozcan e incentiven el coprocesamiento.
- ▶ Reconocimiento del metano evitado por el coprocesamiento.
- ▶ Incentivos para el uso de matrices eléctricas renovables.
- ▶ Reconocimiento de la carbonatación natural del concreto como medida de captura y sumidero de CO₂e.
- ▶ Códigos de construcción que promuevan el uso de cementos bajo en carbono.

5

FICEM en Acción para alcanzar la Carbono Neutralidad 2050



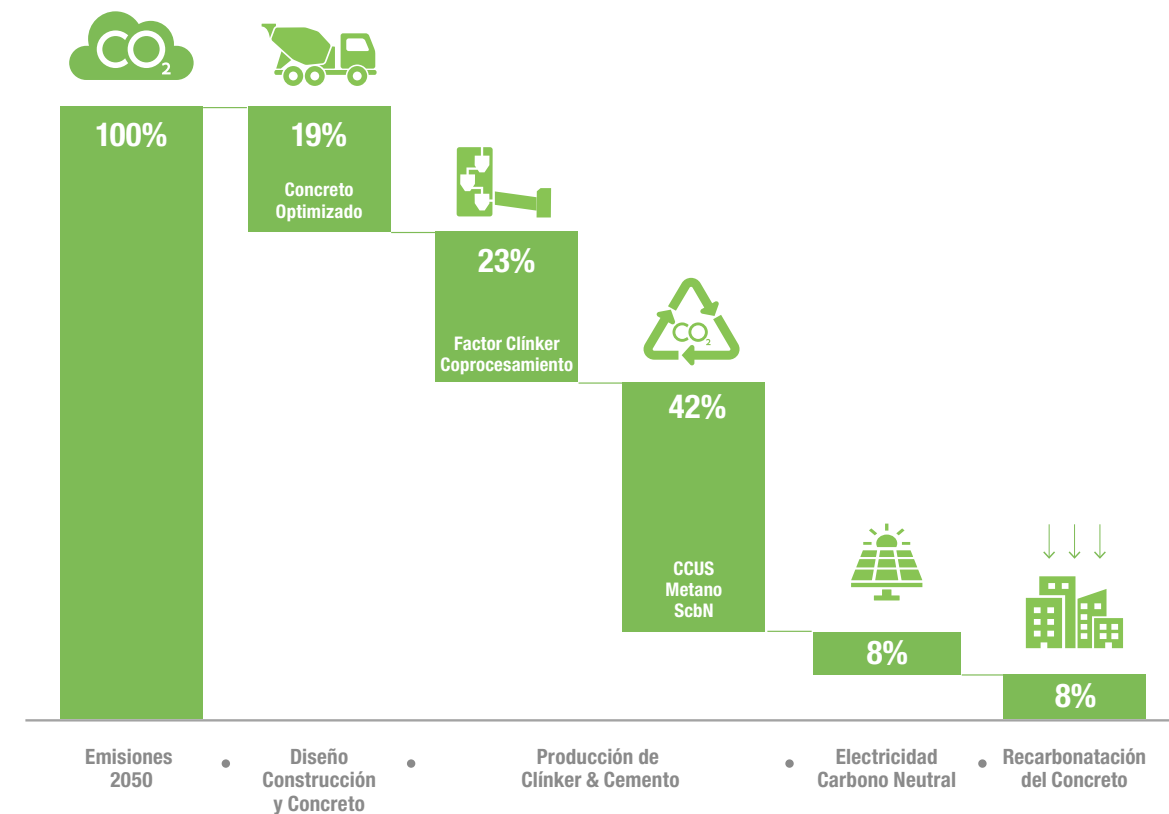


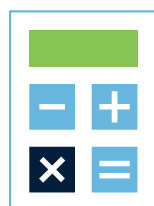
FICEM EN ACCIÓN

FICEM ha desarrollado herramientas para sus asociados, gobiernos y terceros para apoyar e impulsar esta Hoja de Ruta para la descarbonización de la industria del cemento y el concreto al 2050. Entre las principales herramientas destacamos:

- **La Calculadora FICEM** da soporte a través de la medición, monitoreo y gestión de las emisiones de CO₂e, realizando análisis del ciclo de vida del cemento y concreto, además de hacer seguimiento de la trayectoria de los compromisos y acciones de esta Hoja de Ruta y optimizando su reportabilidad.
- **Los Marcos Regulatorios FICEM** es una metodología que permite identificar y analizar normativas para el cumplimiento de las metas de descarbonización de cada eje de esta Hoja de Ruta FICEM, además mediante la realización de talleres en cada país, se obtiene retroalimentación y se definen estrategias nacionales y regionales, para asegurar un marco regulatorio que habilite la descarbonización del sector y el apoyo a la adaptación al cambio climático de la región.
- **El NETBOOK FICEM**, es una biblioteca virtual que contiene información basal en materia de descarbonización, economía circular y otros temas para apoyar el desarrollo y cumplimiento de la Hoja de Ruta FICEM, mediante el acceso en línea a documentos, estudios e investigaciones, organizados en colecciones temáticas.

- **La Academia FICEM** proporciona capacitación y acceso al conocimiento necesario para los responsables del cumplimiento y seguimiento de esta Hoja de Ruta FICEM, mediante la formación en prácticas sostenibles y el aprendizaje de tecnologías, procesos y normativas que faciliten alcanzar las metas fijadas.





CALCULADORA FICEM

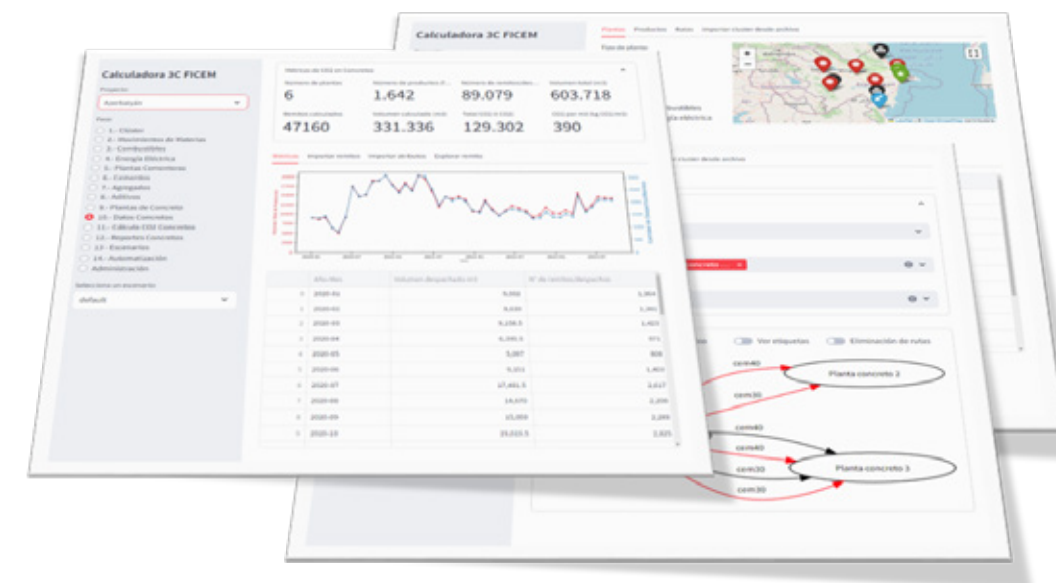
Es una herramienta desarrollada para evaluar y gestionar las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en la industria del cemento y el concreto. Está diseñada para ayudar a los países, empresas y gobiernos de la región para medir, monitorear y reportar las emisiones de CO₂e, en todos los alcances establecidos por el GCCA Cement CO₂ and Energy Protocol, facilitando así, el seguimiento y reporte de los indicadores establecidos en esta Hoja de Ruta.

Además, tiene la capacidad de realizar análisis desde la extracción de materias primas hasta el final de su vida útil, proporcionando una visión completa de la huella de carbono del sector.

METODOLOGÍA

La calculadora se basa en el sistema MRV FICEM, desarrollado por FICEM, que permite importar datos de los formatos GCCA Cement CO₂ and Energy Protocol, consolidarlos en una base de datos relacional y adicionar datos de referencia de hojas de ruta, estándares, indicadores y fuentes secundarias relevantes.

Los principales procesos son la importación desde archivos GCCA Cement CO₂ and Energy Protocol, homologación de unidades y cálculo de indicadores, agregación de indicadores de planta a niveles superiores, unión de indicadores a datos de referencias internacionales, y generación de reportes ejecutivos por niveles de agregación y año.



PROYECTOS

La Calculadora se ha utilizado en estos años para la elaboración de esta Hoja de Ruta como de Hojas de Rutas Nacionales, y también ha servido para determinar y hacer seguimiento a la huella de carbono de industrias en particular. Esto ha mejorado el conocimiento respecto a las emisiones de procesos y productos. Actualmente, la Calculadora se ha optimizado para abarcar todo el ciclo de vida del cemento y el concreto.





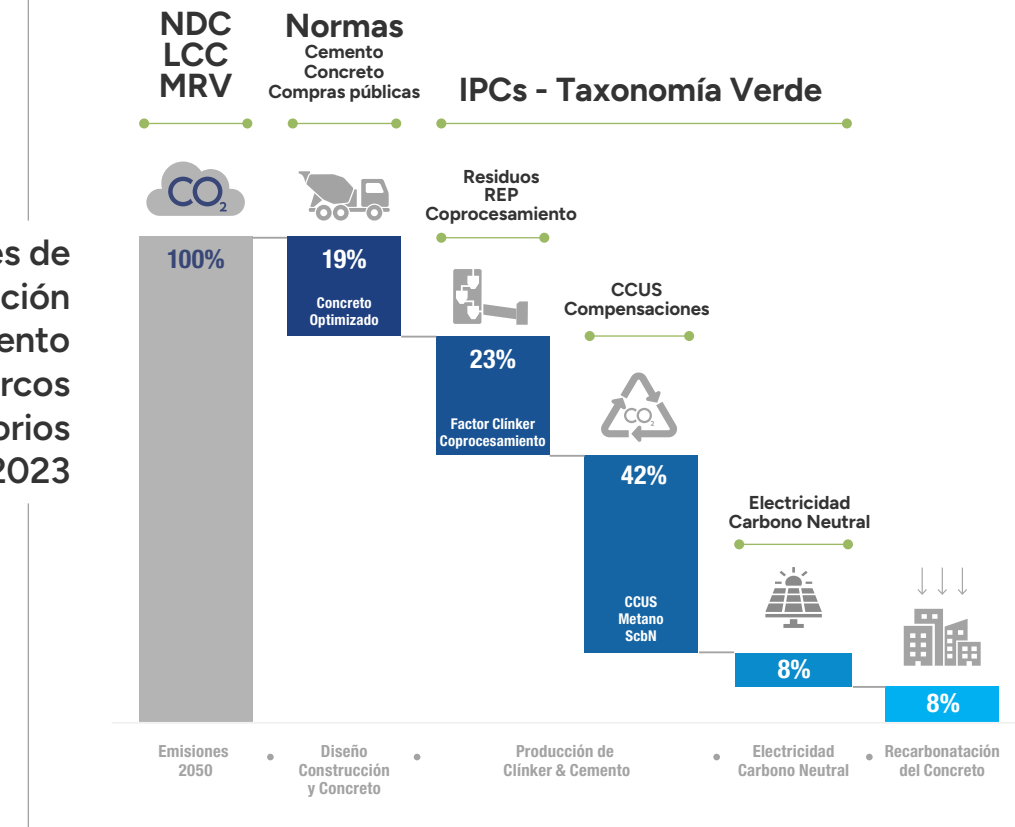
MARCOS REGULATORIOS HABILITANTES FICEM

Es una metodología desarrollada por FICEM que identifica los marcos regulatorios que inciden en la implementación de los distintos ejes de descarbonización definidos en esta Hoja de Ruta. Esto facilita la comprensión y promoción de las mejores prácticas normativas para una transición sostenible hacia la carbono neutralidad requerida a nivel global, regional y nacional. Facilita, también, la definición de estrategias regulatorias nacionales y regionales que permitan una adecuada cooperación con las autoridades competentes, para avanzar en marcos regulatorios habilitantes para la descarbonización del sector.

METODOLOGÍA

En primer lugar, se definen cuáles son las familias normativas que se relacionan con cada eje de descarbonización definido en esta Hoja de Ruta. Posteriormente, se realiza un levantamiento a nivel regional de dicha normativa, así como de normativas de referencia internacional que puedan servir de base para aquellas regulaciones no implementadas en la región. Con el levantamiento indicado, se lleva a cabo un taller en cada país que permite fijar las bases de un plan o estrategia local para los marcos normativos, definiendo los stakeholders asociados, así como los estudios o documentos requeridos para cada caso. Este plan local sirve de insumo para establecer la estrategia regional de marcos regulatorios habilitantes.

Ejes de Descarbonización Sector Cemento y Marcos Regulatorios FICEM 2023



ESTUDIO MARCOS REGULATORIOS

El estudio de Marcos Regulatorios tiene una versión 2024 y se actualizará periódicamente; dentro de las normativas analizadas se encuentran los NDCs, leyes de cambio climático, normas de gestión de residuos, de responsabilidad extendida del productor, límites de emisiones, contenido de clínker en el cemento, precio del carbono, compensaciones y taxonomía verde. Del mismo modo, se están incorporando normativas sobre compras públicas, CCUS, concreto, electricidad e hidrógeno. El estudio ha cubierto más de 100 normativas tanto regionales como globales.



Es una plataforma que permite acceder a información de soporte y apoyo técnico, político, normativo, entre otros para el desarrollo e implementación de la Hoja de Ruta FICEM. Esta biblioteca virtual pone a disposición contenidos e información, en su mayoría sobre el sector del cemento, que pueda ser consultada de manera ágil y efectiva desde cualquier parte de la región o del mundo.

ESTRUCTURA DEL NETBOOK A LA HR

Esta biblioteca virtual contiene el material en archivos PDF, organizados en colecciones temáticas. En ella se pueden encontrar los documentos de referencia y consulta necesarios para la HR FICEM, como estudios e investigaciones que han sido recopilados a través de diferentes fuentes de información.

Entre las áreas cubiertas por esta base de datos documental aplicables a la HR FICEM, se puede indicar las siguientes: Hojas de Ruta del Cemento (global, regionales y locales), marcos regulatorios, acción climática, ciudades sostenibles, coprocesamiento, instrumentos de precio al carbono, entre otros.

PRINCIPALES DOCUMENTOS

Algunos de los principales documentos asociados a esta Hoja de Ruta a los que se puede acceder mediante el NetBook:



- ▶ Hojas de Ruta FICEM: LAC, Chile y Colombia Roadmaps:
- ▶ GCCA, PCA, CEMBUREAU, entre otros Paper FICEM:
- ▶ Ciudades Sostenibles y Resilientes,
- ▶ Paper FICEM: Valorización de Residuos y Coprocesamiento
- ▶ Paper FICEM: Marcos Regulatorios Habilitantes
- ▶ Paper ECRA: coprocesamiento, clínker, CCUS, entre otros

En el marco de esta Hoja de Ruta, se desarrollarán nuevos Paper, por ejemplo, sobre metano y SbN, los cuales estarán disponibles en esta plataforma.





La Academia FICEM juega un papel clave en el conocimiento que requerirá nuestra industria y otras partes interesadas para alcanzar las metas climáticas propuestas en esta Hoja de Ruta. Esta academia viabiliza una oferta amplia de cursos y programas de formación, especialización y actualización de conocimientos y habilidades, adaptados a las necesidades y desafíos del sector, apoyados por una red de aliados académicos y tecnológicos especializados en cada temática.

La Academia proporciona una formación de alta calidad y promueve prácticas responsables e innovadoras, contribuyendo al desarrollo de una industria más eficiente y sostenible.

AREAS DE ACCIÓN:

El programa académico incluye propuestas sobre tecnología de procesos, excelencia operacional, nuevas tecnologías, ciencia de materiales de base cementicia y sus aplicaciones, agenda ambiental, relación con comunidades, estrategia hacia el Net Zero 2050 y su despliegue, seguridad y salud ocupacional, habilidades blandas y educación ejecutiva, entre otras.

PRINCIPALES CURSOS:

Algunos de los principales cursos a los que se puede acceder mediante la Academia FICEM, son:



- ▶ Hojas de Ruta FICEM Carbono Neutralidad
- ▶ Tecnología del Coprocesamiento y Metano evitado
- ▶ Cemento & Adiciones
- ▶ Medición de Huella de CO2e en el Cemento y Concreto
- ▶ Soluciones basadas en la Naturaleza
- ▶ Legislaciones para alcanzar el Net Zero

Esta lista es sólo una muestra de los contenidos abordados en la Academia FICEM, los cuales serán ampliados de acuerdo a las futuras necesidades de conocimiento que se requieran.





6

Glosario y Referencias





GLOSARIO

Biomasa: Fuente de energía compuesta de materia que proviene de organismos previamente vivos, como residuos de madera, productos de papel o desechos domésticos orgánicos.

Calcinación: Proceso mediante el cual, la piedra caliza aumenta su temperatura en el horno de cemento para producir cal, que luego se utiliza para fabricar clínker.

Captura, uso y almacenamiento de carbono (CCUS): Proceso que captura las emisiones de dióxido de carbono y las reutiliza o almacena

Carbonatación (recarbonatación o absorción de carbono): Proceso natural que ocurre cuando el concreto reacciona con el CO₂ en el aire. La cantidad real de absorción de carbono dependerá de una variedad de parámetros que incluyen la clase de resistencia, las condiciones de exposición y el espesor del elemento de concreto, escenario de reciclaje y uso secundario.

Cemento: Conglomerante hidráulico que actúa como pegamento para fusionar los ingredientes del concreto permitiéndole fraguar, endurecer y fortalecer. Fabricado a partir de piedra caliza, arcilla, cenizas, puzolana, escorias, yeso, entre otros.

Carbono incorporado: Dióxido de carbono emitido durante la fabricación y transporte de materiales de construcción junto con las emisiones al final de su vida útil.

Carbono neutralidad: Término genérico, que corresponde a un equilibrio mundial entre las emisiones antropogénicas y absorción antropogénicas. Como tal, una organización, producto o servicio no puede ser carbono neutral por sí solo, pero puede contribuir a la neutralidad de carbono global.

Clínker: Material producido en el horno de cemento durante la producción de cemento. El clínker es el ingrediente principal y activo del cemento cuando se mezcla con otros materiales.

CO₂e: Unidad de medida que cuantifica el impacto climático de diferentes gases de efecto invernadero en comparación con el dióxido de carbono, permitiendo evaluar la contribución de cada GEI al calentamiento global en base a una única métrica común.

Concreto (Hormigón): Material de construcción más versátil y utilizado, en el mundo, fabricado a partir de agregado grueso como roca triturada y grava; agregados finos como arena; agua y cemento. El concreto es utilizado para construcción de edificios, viviendas, tuberías, tramos de túnel, puentes, carreteras, represas, entre muchos otros.

Economía circular: Enfoque para retener y recuperar el mayor valor posible de los recursos mediante la reutilización, reparación, renovación, remanufactura, reutilización o reciclaje de productos y materiales.





GLOSARIO

Emisiones combustión: Las emisiones liberadas por los combustibles utilizados en el proceso de calcinación en el horno de cemento.

Emisiones directas: Emisiones que corresponden a actividades propias o bajo el control de una compañía, como las resultantes de la combustión en el horno de cemento.

Emisiones indirectas: Emisiones que corresponden a actividades fuera del control de una compañía, aquellas provenientes de la electricidad.

Emisiones Carbono Neutral: Emisiones netas resultantes iguales a cero, luego de la suma de todas las emisiones de GEI relacionadas con productos y procesos, durante todo el ciclo de vida, incluida la eliminación de los productos y la consideración de remociones tecnológicas o naturales.

Emisiones proceso: Emisiones provenientes de procesos industriales que involucran transformaciones químicas o físicas distintas a la combustión de combustibles.

Factor clínker: Proporción entre clínker y cemento.

Hidrógeno bajo en Carbono (LCH): Hidrógeno producido por electrólisis mediante energía proveniente de fuentes renovables y bajas en carbono.

Material cementicio: Uno de los principales ingredientes que componen la mezcla de concreto. Hay dos tipos de materiales cementicios: cemento hidráulico y materiales cementicios suplementarios (SCM).

Materiales cementicios suplementarios (SCM): Materiales que, cuando se usan junto con cemento, contribuyen a las propiedades del concreto endurecido a través de actividad hidráulica y/o puzolánica.

Petcoke (coque de petróleo): Subproducto del refinado de petróleo que es utilizado como combustible en la fabricación de cemento.

Puzolana: Material silíceo y aluminoso que, en presencia de humedad, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio para formar compuestos que poseen propiedades cementicias. Incluyen arcillas calcinadas, cenizas volantes, cenizas volcánicas y humo de sílice.

Sobre diseño: Aumento del cemento en el concreto en lugar de diseñar para las necesidades específicas del proyecto de construcción y, por lo tanto, reducir la sobreproducción y las emisiones innecesarias.





REFERENCIAS

1. GCCA Net Zero Roadmap, GCCA, 2021
2. IPCC Sexto Informe Evaluación, IPCC, 2023
3. FICEM Hoja de Ruta CO₂e Hacia una economía resiliente y baja en carbono, R. Pareja, FICEM, 2017
4. The ECRA Technology Papers 2022, European Cement Research Academy GmbH, 2022
5. CO₂e uptake in cement containing products, IVL, H. Stripple, Ch. Ljungkrantz, T. Gustafsson, R. Andersson, 2018
6. Informe Marcos Regulatorios: Descarbonización Sector Cemento, FICEM, 2024
7. Potencial de Valorización de Residuos en la Industria del Cemento en América Latina y el Caribe al año 2030, C. Pinilla, F. Mieres, M. Szantó, P. Flores, FICEM, 2021
8. Eventos naturales extremos y desastres en América Latina y el Caribe 1990-2022, CEPAL, 2024
9. Panorama Social de América Latina, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2022
10. Infraestructura en el Desarrollo de América Latina (IDEAL), Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), 2018
11. Progreso en la gestión de los recursos hídricos y el saneamiento en América Latina, Banco Mundial, 2018
12. Report: Making Net-Zero Concrete and Cement Possible, Mission Possible Partnership, 2023
13. GCCA Roadmap Template, European Cement Research Academy GmbH (ECRA), 2022
14. Technology Roadmap Low-Carbon Transition in the Cement Industry, International Energy Agency (EIA), 2018

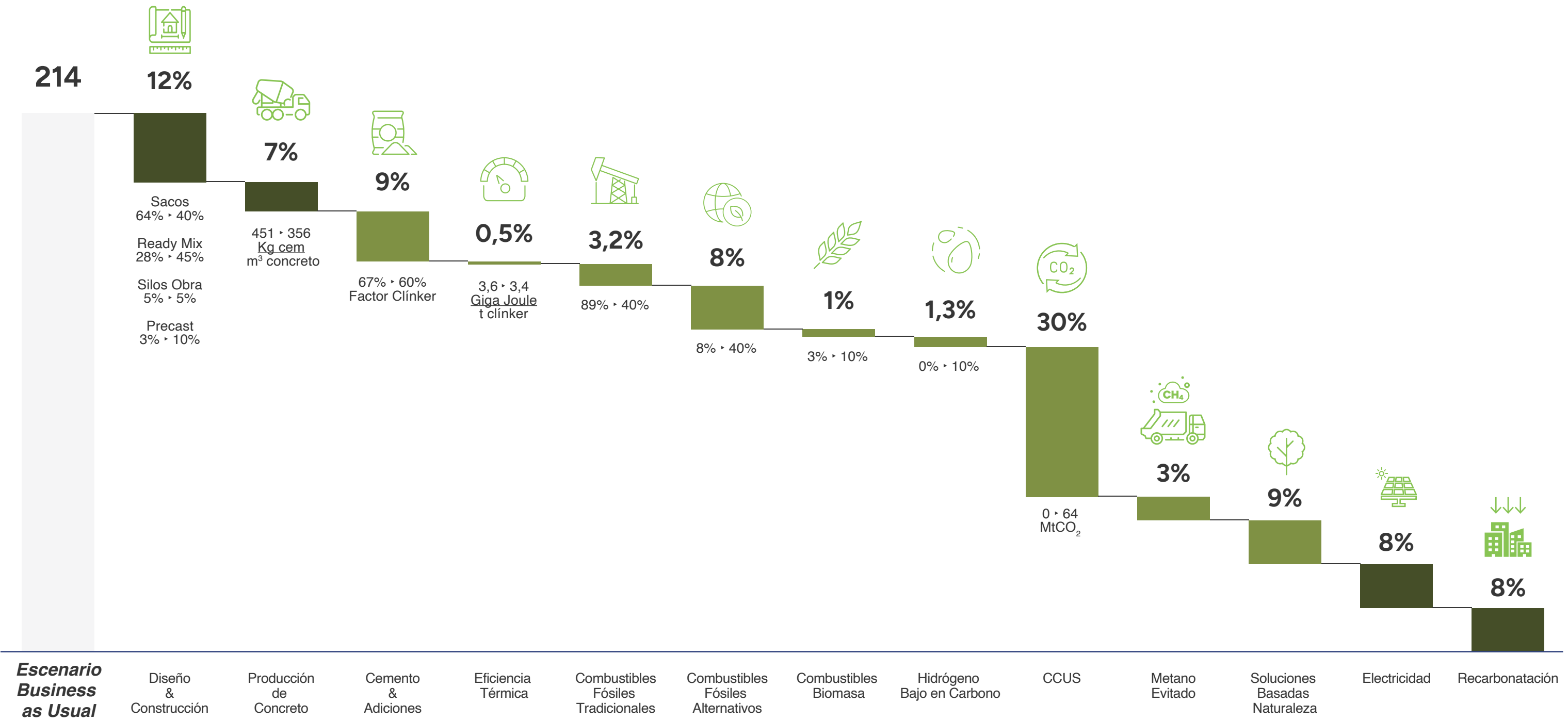


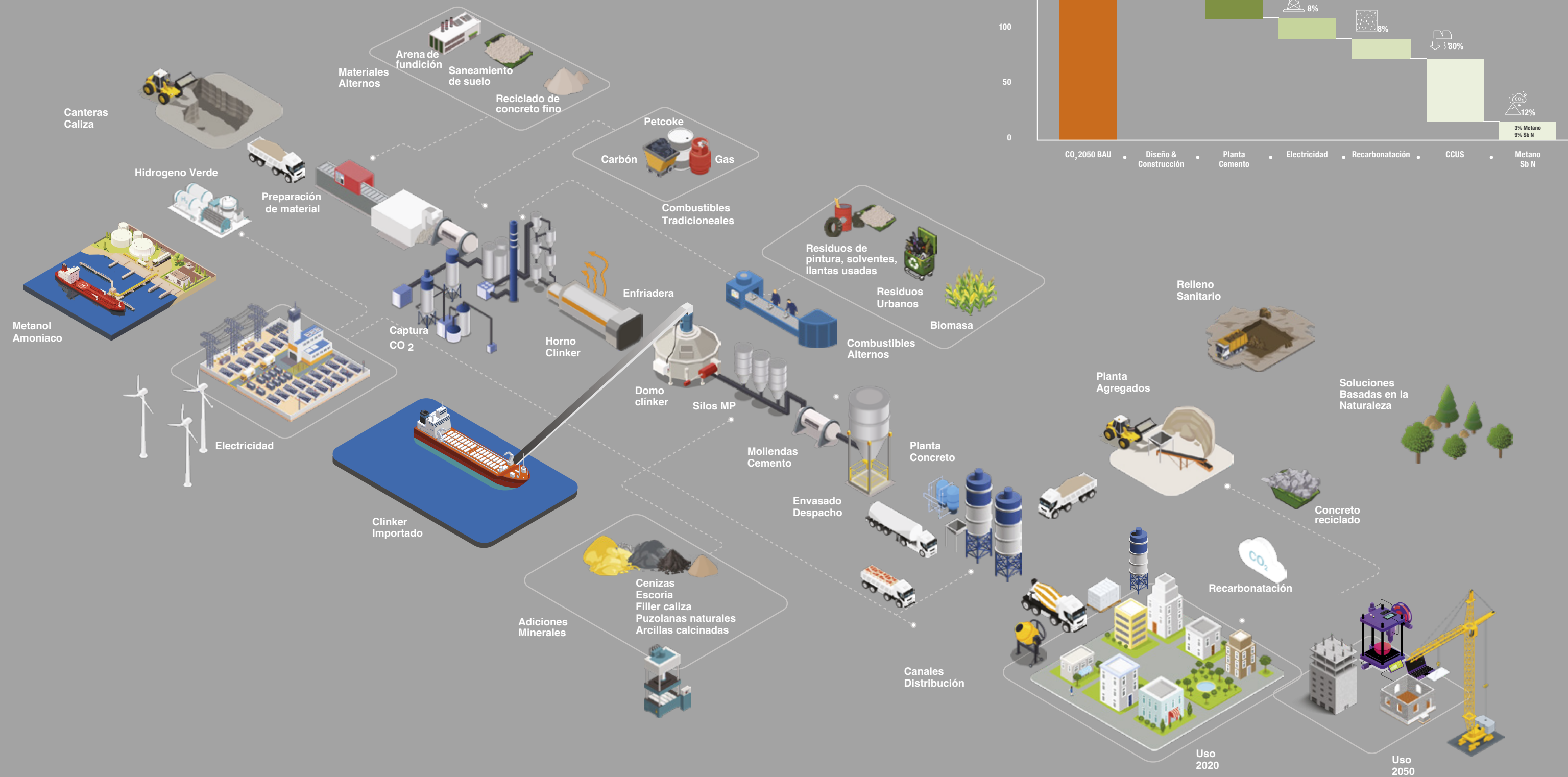


Anexos



Esta **Trayectoria Carbono Neutral 2050** se elaboró basada en el Accelerator Program del Roadmap GCCA Net Zero Cement & Concrete 2050, usando los antecedentes de la Hoja de Ruta FICEM 2018 y estadísticas a nivel regional.







Documento elaborado en 2024 por la Federación Interamericana del Cemento, FICEM.
Calle 118 # 19-52 Oficina 204
Bogotá, Colombia.

LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Las estimaciones, proyecciones, definiciones de marcos regulatorios y otros aspectos de esta Hoja de Ruta se basan en el estado actual de la tecnología y los datos disponibles, considerando las fuentes accesibles en el momento de su elaboración. El contenido mencionado puede ajustarse o mejorarse a medida que se disponga de nueva información legal, técnica o científica.

Esta Hoja de Ruta no debe utilizarse como base para tomar decisiones de inversión. Cualquier inversión o proyecto deberá estar precedido por estudios específicos y detallados que evalúen la viabilidad técnica, financiera y legal en cada caso particular.



