

# Hoja de ruta de la industria cementera española para alcanzar la neutralidad climática en 2050



# Hoja de ruta de la industria cementera española para alcanzar la neutralidad climática en 2050



## Presentación

La Ley Europea del Clima convierte en legislación el objetivo establecido en el Pacto Verde Europeo, para que nuestro continente sea climáticamente neutro en 2050. Esta ley garantizará la contribución de todas las políticas de la UE a este objetivo, así como la aportación de todos los sectores de la economía y la sociedad. En este sentido, el Pacto Verde Europeo reconoce expresamente la importancia del sector cementero, junto con otras industrias de gran consumo energético, y dice textualmente que son “imprescindibles para la economía de Europa por cuanto abastecen a varias cadenas de valor de importancia esencial”.

Además, la Comisión ha propuesto un nuevo objetivo de la UE para 2030 de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un mínimo del 55% con respecto a los niveles de 1990. La ambición de convertir a Europa en el primer continente climáticamente neutro conlleva una aceleración de la reducción de emisiones, y para tener éxito, debe estar respaldada también por una sólida estrategia industrial, que preserve la competitividad de nuestra industria. En este sentido, la estrategia de transición justa del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico busca maximizar las ganancias sociales de la transformación ecológica y mitigar los impactos negativos de esta transición.

El crecimiento urbano, la cohesión territorial y la lucha contra la despoblación, plantean grandes retos que demandan soluciones cada vez más sostenibles en materia de rehabilitación urbana, saneamiento y depuración de aguas, movilidad sostenible, eficiencia energética de edificios, ... El sector del cemento, por el gran impacto que tiene en el ámbito de las infraestructuras y la edificación, está estratégicamente posicionado para dar respuesta a estos desafíos.

Por otra parte, el proceso productivo del cemento lleva asociado altas emisiones de CO<sub>2</sub>, lo que requerirá, tal y como pone de manifiesto la presente Hoja de Ruta, de actuaciones a lo largo de toda la cadena de valor del cemento y el hormigón para lograr una transición hacia un modelo neutro en carbono.

Para la industria cementera, el hormigón, principal derivado del cemento, es el elemento central que puede ayudar a realizar esta transición, ya que es un material de construcción disponible localmente, reciclable y sostenible al contar con una baja huella de carbono. Además, el hormigón desempeña un papel fundamental a la hora de combatir y prevenir las consecuencias negativas del cambio climático, protegiendo a las personas, los edificios y el entorno. Al ser un material durable y resistente, es capaz de hacer frente a la mayor severidad de las condiciones meteorológicas y desastres naturales (inundaciones, movimientos de tierra, terremotos...).

La innovación, la digitalización y la constante inversión en eficiencia y modernización en procesos, deben seguir siendo palancas clave para que el sector cementero logre un impacto positivo en la lucha contra el cambio climático. Por ejemplo, en la búsqueda de fórmulas innovadoras para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, la industria cementera ya está trabajando en la aplicación de nuevas tecnologías emergentes como la captura, transporte, almacenamiento y usos del CO<sub>2</sub> (CAUC) o en el desarrollo de nuevos cementos bajos en carbono.

Esta “Hoja de ruta de la industria cementera española para alcanzar la neutralidad climática en 2050”, pionera dentro de los materiales de construcción en nuestro país y alineada con el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (2021-2030), ayudará a alcanzar los objetivos señalados en la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo del Gobierno de España, que marca la senda para alcanzar la neutralidad climática en nuestro país a 2050.

**Teresa Ribera Rodríguez**

*Vicepresidenta cuarta del Gobierno de España  
y ministra para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico*



## Presentación

La industria del cemento y del hormigón, su principal derivado, tiene una relación mucho más directa con la prosperidad social y con el desarrollo económico de lo que nos imaginamos. Escuelas, hospitales, puentes, carreteras, embalses, canalizaciones de agua, plantas depuradoras, naves industriales, muelles portuarios y todo tipo de edificaciones, son las que nos dan acceso a la educación, a la sanidad, a la movilidad, a la vivienda, al desarrollo socioeconómico, ... Y todas ellas son posibles gracias al hormigón, el bien artificial más consumido en el mundo. Hoy en día, no existe ningún otro material tan durable y versátil, tan accesible para tanta gente, ni se vislumbra ningún material sustitutivo a medio plazo.

Esas ventajas indiscutibles del hormigón traen consigo inconvenientes, quizá el más destacado sean las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del proceso de fabricación del cemento. Por eso llevamos años realizando iniciativas voluntarias para minimizar nuestra huella de carbono convirtiéndose en nuestro mayor reto para el futuro.

La Comisión Europea ha fijado como objetivo la neutralidad carbónica para el año 2050 y la industria cementera española aspira a convertirse en uno de los actores clave de esta transición ecológica. Este cambio de paradigma requerirá esfuerzos por nuestra parte y una inversión en innovación sin precedentes; necesitamos hacer este camino de la mano de las administraciones públicas y de la sociedad para lograr una reducción progresiva y ordenada de nuestras emisiones, sin poner en riesgo nuestra actividad.

A lo largo de estas páginas, explicamos cómo con políticas específicas alineadas con el “Pacto Verde Europeo” y en la “Agenda 2030”, basadas en la circularidad y en el ciclo de vida de los productos, podemos posicionar a la industria del cemento como motor del cambio hacia una forma de construir más sostenible.

La estrategia sectorial de esta nueva hoja de ruta se basa en el “Enfoque de las 5Cs”, que promueve la colaboración de toda la cadena de valor de la industria del cemento: Clínker-Cemento-Hormigón-Construcción-(re)Carbonatación. Para cada una de las 5Cs, hemos ido identificando las áreas en las que se pueden reducir significativamente las emisiones, las tecnologías clave que nos permitirán hacerlo, así como los apoyos necesarios para impulsar esta transformación.

Para nosotros no es un compromiso nuevo, llevamos muchos años apostando por la innovación con un compromiso inequívoco en la lucha contra el cambio climático. La presente hoja de ruta muestra el camino a seguir para que en los próximos 30 años alcancemos la neutralidad carbónica, un recorrido muy exigente pero alcanzable. Ese es nuestro compromiso con el futuro, con el bienestar de las futuras generaciones y con el desarrollo de nuestro país.

**Víctor Hugo García Brosa**

*Presidente de la Agrupación de fabricantes de cemento de España*



# Índice

Una industria local con un papel global en la mitigación y adaptación al cambio climático .....	<b>11</b>
Senda para que nuestra cadena de valor alcance la neutralidad climática en 2050 .....	<b>15</b>
Clínker .....	<b>21</b>
Cemento.....	<b>29</b>
Hormigón .....	<b>33</b>
Construcción .....	<b>37</b>
(re)Carbonatación.....	<b>41</b>



# Una industria local con un papel global en la mitigación y adaptación al cambio climático

**El Pacto Verde Europeo establece un proyecto para alcanzar una sociedad equitativa en la que los ciudadanos, la industria y la biodiversidad puedan prosperar de la mano, transformando los retos climáticos y medioambientales en oportunidades en todos los ámbitos, logrando una transición justa e integradora para todos.**

Dentro de este compromiso, la industria cementera es reconocida como indispensable ya que abastece a una serie de cadenas de valor esenciales que contribuyen al crecimiento de la economía, haciéndola más sostenible y satisfaciendo las necesidades de la sociedad de manera más eficiente desde el punto de vista medioambiental, social y económico. El principal producto derivado de la industria cementera, el hormigón, juega un papel

protagonista al ser elegido el material para la construcción de los edificios e infraestructuras del futuro, como los activos de energía renovable (aerogeneradores, presas hidroeléctricas...). Además, otro rasgo que caracteriza al sector cementero es que es una industria local.

Desde las materias primas que utiliza hasta el producto final están presentes en todo el territorio de la Unión Europea, desempeñando un importante papel tanto para la cohesión social y el reto demográfico, como para la economía en general.

De la misma forma, tanto el nuevo Plan de acción de la Unión Europea para una Economía Circular como la Estrategia Española de Economía Circular, identifican al sector de la construcción como uno de los sectores prioritarios para modernizar

## Hoja de ruta de la industria cementera española para alcanzar la neutralidad climática en 2050

y transformar nuestra economía, ya que una gestión adecuada de los residuos de construcción y demolición aporta grandes beneficios en términos de sostenibilidad y circularidad para alcanzar el reto de una economía climáticamente neutra.

La industria del cemento, que ya en 2017 firmó el *Pacto por una Economía circular: el compromiso de los agentes económicos*

y *sociales 2018-2020*, lleva contribuyendo más de 30 años a la economía circular gracias al coprocesado, es decir, a través del uso de residuos como materia prima o como fuente de energía, o como ambas, con el fin de reemplazar los recursos minerales naturales (reciclado material) y los combustibles fósiles (valorización energética) por residuos que, de otro modo, requerirían su eliminación en vertedero.





## **No es un compromiso nuevo. La industria cementera lleva décadas mejorando sus procesos y productos para priorizar los objetivos medioambientales, aumentar la eficiencia energética y contribuir a la reducción de emisiones, asumiendo como un reto el desafío para combatir el cambio climático**

---

Actualmente en España, solo el 26,5% del poder calorífico de los hornos de cemento procede de combustibles derivados de residuos. Este porcentaje es muy inferior a la media de la Unión Europea (46%) y está muy lejos de países como Austria, Suecia, Alemania y Noruega, donde las tasas de sustitución de combustibles fósiles por combustibles derivados de residuos son superiores al 60%.

Este potencial sitúa al sector cementero español como un actor clave a la hora de contribuir a cumplir con los objetivos de la Estrategia Española de Economía Circular: reducir en un 30% el consumo nacional de materiales, mitigar el cambio climático y cumplir con los objetivos de energías renovables y de la estrategia marco de

la Unión Europea sobre residuos, con el objetivo de que solo un 10% de nuestros residuos municipales acaben en vertedero en 2035.

También, el sector de la producción de cemento es reconocido en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC) como uno de los cuatro sectores que más energías renovables consume.

Lo mismo ocurre aguas abajo de la cadena de valor de la industria del cemento, ya que el hormigón es un producto 100% reciclable al final de la vida útil del bien construido. Además, parte del CO<sub>2</sub> emitido durante la fabricación del cemento es reabsorbido al final de la cadena de valor por un proceso denominado recarbonatación.



# Senda para que nuestra cadena de valor alcance la neutralidad climática en 2050

**Hace años que la industria del cemento trabaja activamente en la mejora de su comportamiento ambiental, consiguiendo reducir sus emisiones totales de CO<sub>2</sub> alrededor de un 27% respecto a las de 1990.**

En 2017, Oficemen elaboró una hoja de ruta en la que se establecía un objetivo de reducción potencial de CO<sub>2</sub> del 80% para 2050.

La publicación del Pacto Verde Europeo para hacer de Europa el primer continente climáticamente neutro en 2050, supone un cambio radical que requiere que nuestra industria adopte una visión más ambiciosa. A raíz de estas iniciativas, la industria del cemento está acelerando su ritmo y adoptando medidas relativas a inversiones en eficiencia energética y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

La estrategia sectorial de esta nueva Hoja de Ruta se basa en el “Enfoque de las 5Cs” que promueve la colaboración de toda la cadena de valor “**C**línker-**C**emento-**H**ormigón<sup>1</sup>-**C**onstrucción-(re)**C**arbonatación” para convertir en realidad la visión de la neutralidad climática.

Para cada una de las 5Cs se identifican las áreas en las que se puede reducir significativamente las emisiones; las tecnologías clave que nos permitirán hacerlo, así como los apoyos necesarios para impulsar esta transformación.

Se trata de un objetivo muy ambicioso, pero alcanzable. El esfuerzo conjunto de todos los actores implicados y la actuación en todas las fases conseguirán importantes reducciones de emisiones que permitirán que

---

1. *Concrete* en inglés.



**El camino hacia la neutralidad climática en 2050 requiere cumplir una serie de objetivos intermedios. Según lo establecido en el Acuerdo de París, el sector cementero se ha fijado el objetivo de reducir sus emisiones en un 43% en 2030 a lo largo de toda su cadena de valor**

---

la cadena de valor del cemento y el hormigón sea climáticamente neutra en 2050, lo que permitirá a nuestra sociedad disponer de un material de construcción sostenible con el que desarrollar todas las actuaciones de adaptación y mitigación necesarias.

El camino hacia la neutralidad climática en 2050 requiere cumplir una serie de objetivos intermedios. Según lo establecido en el Acuerdo de París, el sector cementero se ha fijado el objetivo de reducir sus emisiones en un 43% en 2030 a lo largo de toda su cadena de valor.

Todos los ahorros de emisiones de CO<sub>2</sub> que se mencionan en la presente hoja de ruta se expresan en valores específicos.

En la elaboración de este camino a seguir, sólo se ha tenido en cuenta el ahorro de emisiones directas de la industria del

cemento. Sin embargo, es importante subrayar que el hormigón, como material de construcción, permite importantes ahorros de emisiones de CO<sub>2</sub> gracias a su inercia térmica y a su durabilidad. La inercia térmica es la capacidad de los materiales pesados, como el hormigón, para almacenar energía, que más tarde se libera, evitando el sobrecalentamiento de edificios y manteniendo temperaturas confortables en el interior. Además, es un material utilizado en infraestructuras de energías renovables y sistemas de transporte público. Estos ahorros indirectos no se contabilizan en la presente hoja de ruta.

En la siguiente tabla se resume la senda de cumplimiento para que el sector y su cadena de valor alcancen la neutralidad climática en 2050. Para cada una de las etapas de la cadena de valor se describen los objetivos medios estimados de las diferentes palancas de reducción de emisiones, su punto de

partida, objetivo para conseguir en 2030 el 43% de reducción respecto al nivel de

emisiones de 1990 y, finalmente, la neutralidad climática en 2050.

## Resumen ejecutivo

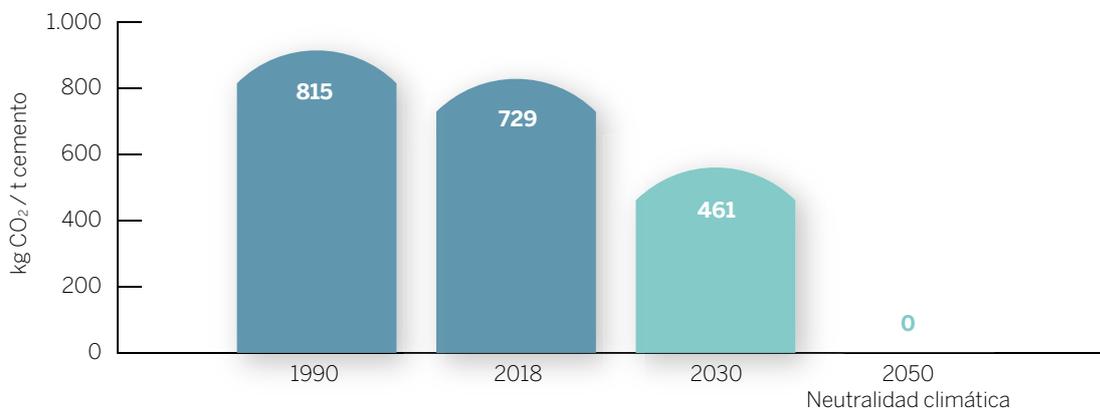
Objetivos medios estimados para el desarrollo de la estrategia de las 5Cs				
Cadena de valor del cemento - 5Cs	Áreas que permiten una reducción significativa de las emisiones de CO <sub>2</sub>	Objetivos		
		2018	2030	2050
<b>5C - Clínker</b>	Uso de materias primas descarbonatadas	3,15%	5%	8%
	Uso de combustibles biomasa	12%	20%	40%
	Mejora de la eficiencia energética	3.602MJ/tck	3.400MJ/tck	3.000MJ/tck
	Reducción de emisiones de proceso por clínkeres bajos en carbono	0%	2%	5%
	Reducción de emisiones de combustión por uso de hidrógeno y electrificación	0%	0%	10%
	Tecnologías de almacenamiento, captura y uso de carbono. Porcentaje de penetración	0%	1%	50%
<b>5C - Cemento</b>	Adiciones. Evolución del factor clínker	83%	75%	70%
	Origen renovable de la electricidad		50%	100%
	Transportes internos neutros (eléctricos y/o propulsados por hidrógeno)	0%	0%	100%
<b>5C - Hormigón<sup>1</sup></b>	Reducción de la cantidad de cemento por m <sup>3</sup> de hormigón de idénticas prestaciones	0%	5%	10%
	Transporte neutro (eléctricos y/o propulsados por hidrógeno)	0%	0%	100%
<b>5C - Construcción</b>	Eficiencia en el uso del hormigón: mejora en la eficiencia energética de las construcciones (no se contabilizan estas reducciones de CO <sub>2</sub> ya que se estima que en 2050 toda la energía de los edificios provendrá de fuentes renovables)	n.a.	n.a.	n.a.
<b>5C - (re) Carbonatación</b>	Recarbonatación del hormigón. Según metodología científica publicada y consenso multigeográfico, pendiente de evaluar por IPCC, se considera que en la vida útil del hormigón, un 20% de las emisiones de proceso del clínker son reabsorbidas. Adicionalmente, si el hormigón se tritura al final de su vida útil se recarbonata un 3% más	0%	20%	23%

1. Concrete en inglés.

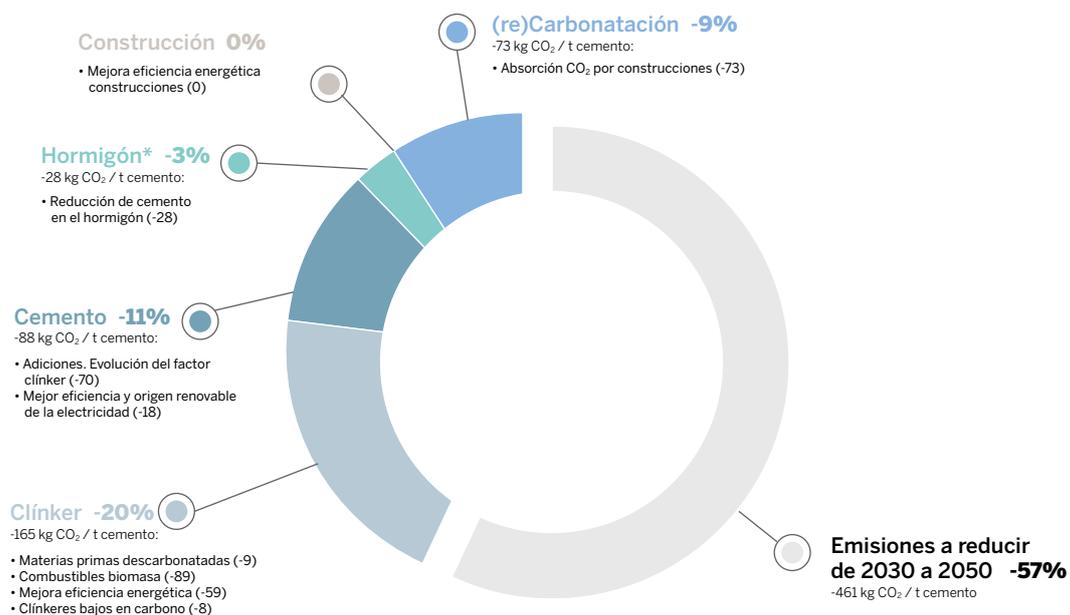
El cumplimiento de estos objetivos está sujeto al desarrollo de un marco de políticas que facilite la aplicación de estas tecnologías y las inversiones necesarias.

# Hoja de ruta de la industria cementera española para alcanzar la neutralidad climática en 2050

## Hitos hacia la neutralidad climática a 2050. Niveles de emisión



## Objetivo a 2030. Alcanzar un nivel de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> de un 43% aplicando las 5Cs

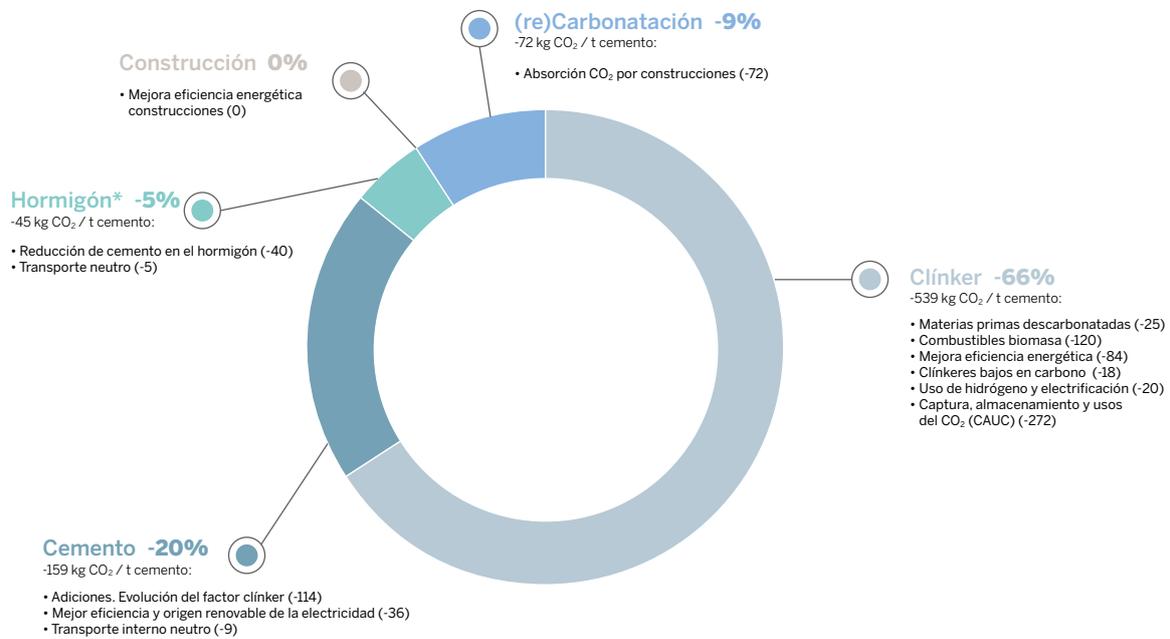


\*Concrete en inglés



La estrategia sectorial de esta nueva hoja de ruta se basa en el “Enfoque de las 5Cs” que promueve la colaboración de toda la cadena de valor “**Clínker-Cemento-Hormigón-Construcción-(re)Carbonatación**” para convertir en realidad la visión de la neutralidad climática

## Objetivo a 2050. Neutralidad climática



\*Concrete in inglés



# Clínker

El clínker es el producto intermedio con el que se fabrica el cemento. Se trata de un producto con forma de gránulos o pequeñas bolas, de entre 5 y 25 mm aproximadamente, que se forma a partir de la calcinación de piedra caliza, arcilla y otros minerales a temperaturas elevadas ( $>1.400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) en grandes hornos rotatorios. Estos gránulos triturados y mezclados con diferentes aditivos permiten fabricar los distintos tipos de cemento y, posteriormente, hormigón.

Al calentar las materias primas en el horno, verdadero corazón del proceso productivo, tiene lugar la descarbonatación de la piedra caliza a través de una reacción química denominada calcinación, que la transforma en cal y  $\text{CO}_2$ .

Esta reacción química origina el 60-65% de las emisiones de  $\text{CO}_2$  de la fabricación del

cemento, lo que se denominan emisiones de proceso.

El resto de las emisiones de  $\text{CO}_2$  provienen de los combustibles necesarios para calentar el horno, es decir, son emisiones de combustión.

Dado que la producción de clínker representa la mayor parte de las emisiones, también es el área que ofrece mayores oportunidades para reducir las emisiones de  $\text{CO}_2$ .

## Oportunidades para reducir emisiones de $\text{CO}_2$ en el clínker

### Uso de materias primas alternativas descarbonatadas

Como la mayor fuente de  $\text{CO}_2$  proviene de la calcinación de las materias primas en el horno,



**Gracias al uso de materias primas descarbonatadas, la industria del cemento prevé una reducción de hasta un 5% de las emisiones de CO<sub>2</sub> de proceso para 2030 y de hasta un 8% de reducción para 2050**

el uso de fuentes alternativas de materiales descarbonatados es una opción para reducir significativamente las emisiones de CO<sub>2</sub>. Residuos y subproductos de otros procesos industriales pueden usarse para sustituir parte de la caliza, un buen ejemplo de simbiosis industrial. Estos materiales, entre otros, pueden incluir hormigón reciclado procedente de residuos de construcción y demolición, escoria enfriada por aire y residuos de la producción de cal.

### **Biomasa y cero emisiones de combustión (uso de hidrógeno y electrificación)**

Las emisiones de combustión representan aproximadamente del 35% al 40% del total de las emisiones de CO<sub>2</sub> del proceso de fabricación. Al producir cemento tiene lugar un doble aprovechamiento energético y material de diferentes flujos de residuos, también llamado coprocesado. El coprocesado pone a la industria del cemento en el eje central de la economía circular, ya

que juega un papel clave en la gestión de los residuos en el ámbito local y municipal.

El uso de combustibles alternativos, que están compuestos total o parcialmente por biomasa, en fábricas de cemento tiene un impacto positivo inmediato sobre su huella de carbono. A diferencia de los combustibles fósiles, el CO<sub>2</sub> emitido en la combustión de combustibles procedentes de biomasa se absorbe previamente de la atmósfera, por lo que se consideran neutros a la hora de contabilizar las emisiones.

Por otra parte, de no aprovecharse en hornos de cemento, los residuos no reciclables se destinarían a vertederos o a incineradoras, y producirían mayores emisiones de gases de efecto invernadero. Hay que tener en cuenta que, en vertederos, la fermentación de la materia orgánica produce metano, un gas con un potencial de calentamiento global 21 veces mayor que el del CO<sub>2</sub>.



No existen impedimentos técnicos para poder alcanzar porcentajes de uso de combustibles derivados de residuos superiores al 90%. En Europa hay varias fábricas de cemento que ya alcanzan estos niveles gracias a un marco normativo adecuado, a la aceptación pública y social, y al apoyo de las inversiones.

Además, actualmente hay investigaciones, todavía en fase temprana, para utilizar electricidad, energía solar o de plasma, como fuente energética para calcinar las materias primas, lo que, en un futuro, podría ahorrar el 55% de las emisiones de CO<sub>2</sub> de combustión si se utiliza electricidad procedente de fuentes renovables. En



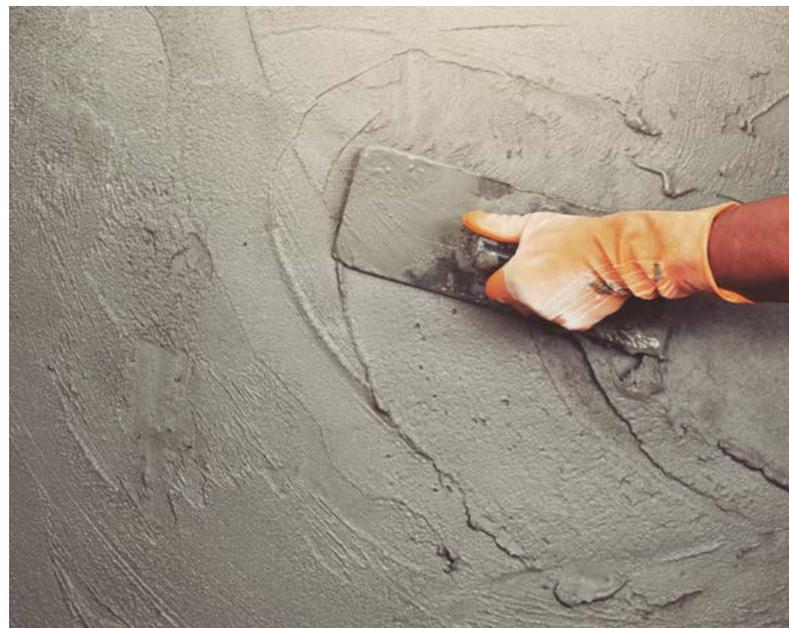
**Se prevé alcanzar el uso de un 45% de combustibles alternativos en 2030, de los que el 20% sean biomasa; y un 70% en 2050, de los que un 40% sean biomasa**

## Hoja de ruta de la industria cementera española para alcanzar la neutralidad climática en 2050

combinación con el uso de hidrógeno y biomasa para la fabricación del clínker podría suponer que las emisiones de CO<sub>2</sub> de combustión fueran prácticamente cero.

### Nuevos clínkeres bajos en carbono

Se están desarrollando nuevos tipos de clínker de cemento que químicamente son diferentes al convencional. Estos nuevos clínkeres suponen un ahorro de entre un 20 y un 30% de las emisiones de CO<sub>2</sub> debido a que necesitan menos caliza en su formulación y porque requieren menos aporte de energía. A este respecto, se debe señalar que, al tratarse de cementos con propiedades diferentes, solo se pueden utilizar para aplicaciones específicas. Algunos ejemplos de estos nuevos tipos de clínker son el clínker de sulfoaluminato (SAC) y el clínker belítico.



### Eficiencia térmica

Gracias a la utilización de las mejores tecnologías disponibles, los hornos de cemento en España se encuentran entre los más eficientes del mundo. No obstante, aún se pueden conseguir mejoras en la



**Gracias al desarrollo de nuevos clínkeres, la industria del cemento se ha fijado como objetivo una reducción del 2% en las emisiones de CO<sub>2</sub> de proceso para 2030 y del 5% para 2050**



## La industria cementera prevé que se alcance un 5% de mejora de la eficiencia térmica para 2030, que ascenderá hasta el 16% en 2050

---

eficiencia térmica de algunos mediante la conversión del precalentador, el desarrollo de precalcinadores de alta eficiencia y recuperando calor del enfriador. Para ello, hasta 2050 se estima que serían necesarias inversiones de entre 50 y 80 millones de euros por fábrica.

### **Captura, almacenamiento y usos del carbono (CAUC)**

La tecnología CAUC será un elemento clave para que las fábricas de cemento reduzcan sus emisiones de CO<sub>2</sub>. En los últimos años, se han llevado a cabo, a escala piloto, importantes investigaciones para desarrollar técnicas de captura por oxidación y postcombustión. Se están realizando ensayos para encontrar soluciones que permitan concentrar el CO<sub>2</sub> en la corriente de gases para que la captura sea más eficiente y económica. Una vez capturado el CO<sub>2</sub> puede ser transportado hasta formaciones geológicas profundas

(yacimientos de petróleo y gas agotados, o en vías de agotamiento, o acuíferos salinos profundos) donde se almacena de forma permanente. Otras técnicas de captura permanente de CO<sub>2</sub> incluyen el uso de áridos de hormigón reciclado y minerales (como olivino y basalto), denominadas tecnologías de mineralización. También se pueden utilizar microalgas para absorber CO<sub>2</sub> y cultivar biomasa que luego puede usarse como combustible para el horno o para aplicaciones agrícolas o bioquímicas.

Si bien hay planes para el desarrollo de las tecnologías CAUC a gran escala, su implantación dependerá en gran medida del desarrollo de una infraestructura de tuberías para el transporte de CO<sub>2</sub>, así como de la elaboración de un estudio general de viabilidad. El desarrollo de políticas apropiadas jugará un papel clave a este respecto. Oficemen está colaborando con la Plataforma Tecnológica Española del CO<sub>2</sub> (PTECO<sub>2</sub>) en la identificación de

## Hoja de ruta de la industria cementera española para alcanzar la neutralidad climática en 2050



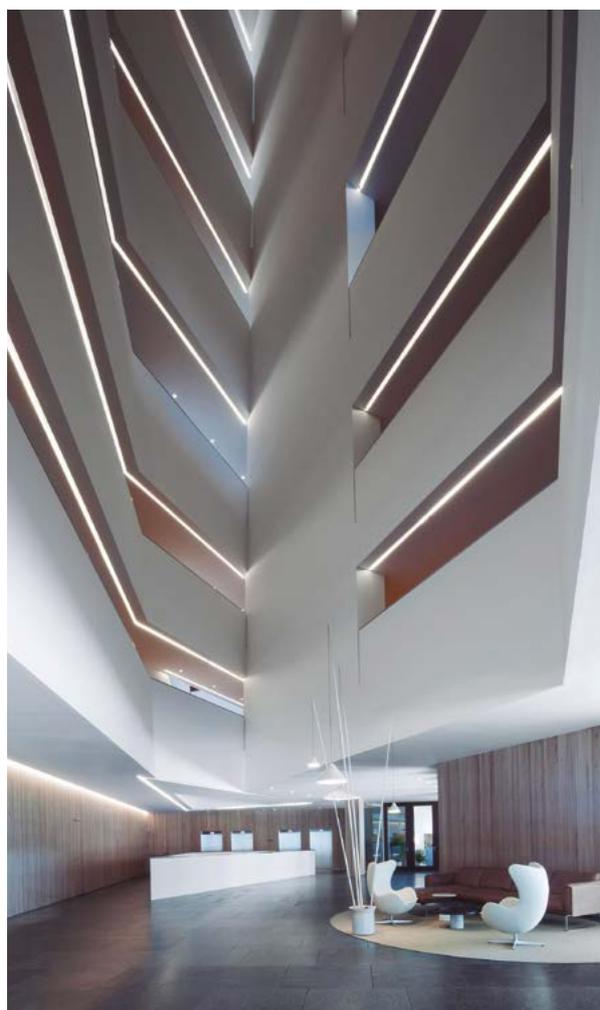
Para 2050, el uso de las diferentes tecnologías de captura de carbono reducirá las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 37%

posibles usos y formaciones geológicas adecuadas para el almacenamiento de carbono en relación con la ubicación de las fábricas de cemento de España y determinar qué infraestructuras de transporte de CO<sub>2</sub> serían necesarias.

### Apoys necesarios para impulsar esta transformación

Reducir las emisiones de clínker requerirá importantes inversiones en tecnologías de baja emisión de carbono. Para que estas inversiones se lleven a cabo, será fundamental crear un marco favorable, a través de la igualdad de las condiciones en materia de carbono respecto a otros productores de fuera de la Unión Europea, la financiación adecuada para la investigación y una visión a largo plazo.

La política de la UE también desempeñará un papel fundamental en la reducción de emisiones de clínker a través de dos



políticas que están en el centro del Pacto Verde: la economía circular y el desarrollo de tecnologías líderes para la descarbonización como las CAUC.

Será necesario también un mayor acceso a los residuos no reciclables y los residuos de biomasa para eliminar gradualmente el uso de combustibles fósiles, unas políticas que faciliten el traslado de los residuos entre países, desincentivar el vertido y prohibir exportaciones de residuos fuera de la Unión Europea. Además, debe de garantizarse el acceso suficiente a biomasa y a residuos no reciclables para su coprocesado en hornos de cemento, como la solución más ecológica para la mayoría de los materiales.

Las industrias intensivas en energía, incluida la del cemento, necesitarán infraestructuras suficientes para transportar, reutilizar y almacenar el CO<sub>2</sub> que se capture. La Unión Europea debería considerar urgentemente el desarrollo de una red paneuropea de transporte de CO<sub>2</sub> que responda a las necesidades de la industria. De igual forma, España puede desarrollar estrategias nacionales que permitan visualizar soluciones de transporte, uso y almacenamiento que eviten depender de soluciones equivalentes que se están desarrollando en otros países de la Unión Europea. En concreto, se considera necesario impulsar un proyecto estatal con financiación público-privada para el desarrollo de estas capacidades.



# Cemento

## Oportunidades para reducir emisiones de CO<sub>2</sub> en el cemento

### Cementos de bajo contenido en clínker

En España en 2018, la proporción del contenido de clínker en el cemento fue del 83%. Esto significa que, de media, el 17% del clínker fue sustituido por materiales alternativos como escorias de horno alto procedentes de la industria del acero y cenizas volantes procedentes de las centrales eléctricas de carbón. La industria del cemento es consciente de que la eliminación gradual de las centrales

eléctricas de carbón limitará el suministro de cenizas volantes —el 22% del total de materiales autorizados y con características puzolánicas—, y de que el uso de escorias de horno alto de acerías —el 7% del total de materiales autorizados y con características puzolánicas— disminuirá.

Por otro lado, ya hoy, un 40% de los componentes utilizados para sustituir parcialmente el clínker del cemento son puzolanas naturales (materiales volcánicos naturales) y piedra caliza. Otros materiales sustitutivos no tradicionales como las arcillas calcinadas y la sílice están siendo



**La industria cementera estima pasar de una media del 83% al 75% del contenido de clínker en el cemento en 2030 para llegar hasta el 70% en 2050**

## Hoja de ruta de la industria cementera española para alcanzar la neutralidad climática en 2050

evaluados, pero queda un amplio recorrido para su reconocimiento y uso seguro. Se están llevando a cabo más investigaciones para examinar otros materiales que podrían utilizarse en el futuro, como materiales puzolánicos de corrientes de residuos o escorias de otras industrias. De acuerdo con la legislación de producto armonizada en la Unión Europea es necesario garantizar unas condiciones de seguridad y de respeto ambiental según lo regulado en la Directiva de productos de Construcción.

### Consumo eléctrico eficiente y renovable

En 2018, la energía eléctrica representó el 13% del consumo energético total y un 6% del total de las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la fabricación de cemento. La eficiencia eléctrica se puede mejorar mediante cambios en el diseño del precalentador de los hornos y optimizando el proceso de la molienda. En algunas situaciones, parte de los terrenos de las fábricas de cemento

se podrían destinar a la generación de energía renovable. En 2050, se espera que el consumo eléctrico de las plantas de cemento se duplique debido a la implantación de las tecnologías de captura y almacenamiento de carbono.

### Transporte de cemento neutro en carbono

El transporte representa actualmente el 1,5% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> asociadas a la fabricación de cemento. Incluye el transporte interno de cantera y fábrica de cemento, el transporte de materias primas y combustibles y el transporte de productos hasta los consumidores finales. En la actualidad se están llevando a cabo importantes investigaciones sobre vehículos a escala industrial, tanto para dentro de la cantera como para carretera, que incluyen vehículos híbridos que utilizan electricidad, eco-combustible e hidrógeno; también se están probando vehículos operados eléctricamente. De manera gradual, se sustituirán las actuales



**La utilización de un 100% de energía procedente de fuentes renovables supondrá un ahorro total del 6% de las emisiones de CO<sub>2</sub>**

flotas por vehículos con motores eléctricos, de hidrógeno o ambos. Se estima que para 2050 todo el transporte de materiales y combustibles será neutro en carbono.

### **Apoyos necesarios para impulsar esta transformación**

La disponibilidad de electricidad renovable a un precio asequible y la necesaria mejora de infraestructuras que garanticen la creciente demanda eléctrica serán fundamentales. Todavía son necesarios avances significativos que permitan que los vehículos industriales se puedan impulsar por electricidad o hidrógeno, y un suministro suficiente de cada fuente de energía para satisfacer esta demanda.

La contratación pública ecológica y la próxima política europea de productos sostenibles ofrecen oportunidades clave a este respecto. Las autoridades nacionales y europeas deben trabajar con los organismos de normalización para garantizar la aprobación oportuna de normas de productos que permitan la comercialización de cemento y hormigón con bajo contenido de carbono, y tratar de facilitar el acceso a las materias primas que permitan cementos más bajos en CO<sub>2</sub>.



La electrificación de la industria debe fomentarse mediante exenciones fiscales para el uso de la electricidad en los procesos industriales (Directiva sobre fiscalidad energética) o mecanismos de compensación adecuados (Directrices sobre ayudas de estado en materia de medio ambiente y energía y de compensación de costes indirectos en el marco de la Directiva de Comercio de Emisiones de CO<sub>2</sub>).



# Hormigón

El hormigón, principal producto derivado del cemento, es el segundo producto más consumido en el mundo por detrás del agua: el 70% de la población mundial vive en edificaciones con estructuras de hormigón y es el pilar básico de las infraestructuras de transporte (viaductos, pavimentos, puertos, aeropuertos, etc.), de las infraestructuras necesarias para una correcta gestión del agua (red de tuberías, canales, presas, etc.), del sector energético (plantas térmicas y nucleares) y de los edificios.

El hormigón es también el material de construcción más durable y resistente por excelencia. Su durabilidad permite construcciones con una vida útil muy superior a los 100 años. Sus propiedades mecánicas se mantienen en cualquier tipo de ambientes, incluso bajo el agua y cuando se somete a condiciones climatológicas

adversas o a fenómenos naturales extremos como los huracanes, las tormentas y las inundaciones.

El hormigón se fabrica mezclando cemento con agua, áridos y pequeñas cantidades de aditivos químicos para mejorar sus propiedades y para satisfacer los requisitos específicos de cada usuario. Hoy en día, nos podemos encontrar con hormigones reciclados, con fibras y ligeros, descontaminantes, o con sensores en su estructura. No obstante, el hormigón será uno de los materiales que experimente mayores innovaciones en los próximos años.

El cemento representa alrededor del 10-15% de la mezcla para fabricar hormigón. La mayoría de las emisiones directas de CO<sub>2</sub> asociadas al hormigón provienen de la producción de cemento, mientras que

## Hoja de ruta de la industria cementera española para alcanzar la neutralidad climática en 2050

la mayor parte de las emisiones indirectas de CO<sub>2</sub> provienen de su transporte hasta el cliente final.

Como ya se ha explicado, durante el proceso de producción del cemento se emite CO<sub>2</sub> como resultado de la descarbonatación de la caliza. Posteriormente, a consecuencia de un proceso opuesto denominado recarbonatación, el CO<sub>2</sub> es capturado por el hormigón durante el transcurso de su vida útil.

### Oportunidades para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en el hormigón

#### Digitalización, mejora del diseño de la mezcla y nuevos aditivos

La digitalización ofrece importantes oportunidades para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en el hormigón. La mejora de

los datos y su tratamiento permitirá a los constructores saber la cantidad exacta de hormigón entregada a pie de obra para realizar cada trabajo y evitar restos de producción. La digitalización también ayudará a controlar al hormigón durante el transporte y garantizará que se vierta correctamente manteniendo sus prestaciones y evitando posibles excesos de consumo.

Los contratistas y promotores del edificio podrán tener a su disposición los datos del cemento y del hormigón en tiempo real para poder determinar su huella de carbono y, también, para mostrar el origen de los materiales utilizados en la construcción, así como para controlar el rendimiento energético de los edificios durante su vida útil. La digitalización también puede ayudar a mejorar la clasificación de los áridos y optimizar las mezclas.



**Gracias a la digitalización, la mejora del diseño de la mezcla y los nuevos aditivos, se podría reducir la cantidad de cemento en el hormigón en torno a un 5% en 2030 y a un 10% en 2050, sin reducir las prestaciones**



## El hormigón es 100% reciclable para su utilización en nuevos hormigones. En su fabricación se utilizan también residuos de otras industrias, convirtiéndose en un material esencial en el camino hacia la economía circular

---

### Transporte

Una de las mayores fuentes de emisiones de CO<sub>2</sub> relacionada con la fabricación de hormigón es el transporte a obra y la energía necesaria para su bombeo hasta donde se necesite. Se estima que en 2050 todo el transporte será realizado por vehículos de cero emisiones (eléctricos, de hidrógeno o una combinación de ambos).

### Apoyos necesarios para impulsar esta transformación

Además de fomentar el desarrollo de mercados para productos con bajas emisiones de carbono, las políticas públicas también pueden desempeñar un papel destacado a la hora de incentivar y promover la digitalización en toda la industria del hormigón. Fundamentalmente, las políticas deben basarse en un enfoque de ciclo de vida completo y también buscar la formación adecuada de todos los actores de la cadena de valor.

La legislación de la Unión Europea debería fomentar las políticas públicas en las prestaciones de los productos durante todo su ciclo de vida. La huella de CO<sub>2</sub> de los productos debería contemplar un enfoque “de la cuna a la tumba” que va más allá de la comercialización de un producto, sino que debe tener en cuenta también, el rendimiento del producto durante su uso y al final de su vida útil.

Alcanzar la neutralidad de carbono en el sector de la construcción requerirá habilidades adecuadas y nuevas técnicas de construcción. La próxima estrategia para un entorno construido sostenible debe promover la cooperación entre prescriptores y autoridades locales; así como fomentar las habilidades y la formación para ofrecer diseños energéticamente eficientes que usen mezclas de hormigón con bajo contenido de carbono.



# Construcción

Tal y como se establece en la iniciativa «Oleada de renovación» en el sector de la construcción del Pacto Verde Europeo, el entorno construido del mañana debe cimentarse en los tres pilares de la sostenibilidad:

- social: las estructuras construidas tendrán que ser seguras, duraderas y económicas.
- ambiental: los bienes construidos necesitan responder al reto del CO<sub>2</sub> y la eficiencia.
- económico: la construcción y la renovación tendrán que seguir siendo un motor clave para el crecimiento y la generación de empleo.

El hormigón es un material con una serie de características específicas (es barato, resistente, durable, versátil, de bajo mantenimiento, eficiente energéticamente, etc.) que lo hacen indispensable para que el sector de la construcción afronte con garantía los retos de cada uno de estos tres pilares. Ofrece grandes oportunidades para reducir emisiones y es idóneo para incrementar la sostenibilidad de las ciudades, teniendo un papel esencial en la cadena de valor de la construcción de infraestructuras y en edificación.



**El hormigón ofrece grandes oportunidades para reducir las emisiones y es idóneo para incrementar la sostenibilidad de las ciudades, teniendo un papel esencial en la cadena de valor de la construcción de infraestructuras y en la edificación**

## Hoja de ruta de la industria cementera española para alcanzar la neutralidad climática en 2050

### Oportunidades para reducir emisiones de CO<sub>2</sub> en la construcción

#### Eficiencia energética en edificación

Entre el 80 y el 90% de los impactos ambientales de un edificio suceden durante su fase de uso. El 72% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> relacionadas con un edificio medio provienen de la energía utilizada durante su vida útil.

Los edificios que aprovechan las propiedades de inercia térmica del hormigón pueden reducir el uso de energía entre un 25% y un 50%. Esta inercia térmica también puede integrarse en las obras de rehabilitación de edificios.

El hormigón es también el material de construcción clave para la activación térmica de estructuras y para el uso de energías renovables como la geotermia.

#### Hormigón utilizado en edificios

Actualmente se está investigando la forma de poder reducir el carbono embebido en los materiales de construcción. Esto debe hacerse asegurando que no se comprometa



la seguridad de la estructura, que no se produzcan fallos estructurales prematuros, garantizando la durabilidad y la vida útil de la estructura. Las primeras investigaciones han demostrado que, mediante el uso de un diseño estructural eficiente, en algunos tipos de edificios se puede reducir hasta en un 30% el carbono embebido. Las mejoras en la construcción de edificios también se pueden realizar mediante la impresión 3D.

Además, estudios recientes señalan que un uso más eficiente del hormigón en edificios y otras construcciones puede reducir el hormigón utilizado en estas estructuras.

En los objetivos de la hoja de ruta se incluye una reducción de la cantidad de hormigón en las estructuras de un 5% a un 10% para 2030 y de un 10% a un 30% en 2050. Los ahorros de emisiones de estas reducciones no se han tenido en cuenta, ya que bien pueden verse compensadas por el aumento de la demanda de hormigón para proyectos



## Los edificios que aprovechan las propiedades de inercia térmica del hormigón pueden reducir el uso de energía entre un 25% y un 50%. La inercia térmica también se puede integrar en la rehabilitación de edificios

de adaptación como infraestructuras de protección frente inundaciones, proyectos de infraestructuras de transporte y aumento de las energías renovables.

### Diseño para adaptabilidad y desmontaje

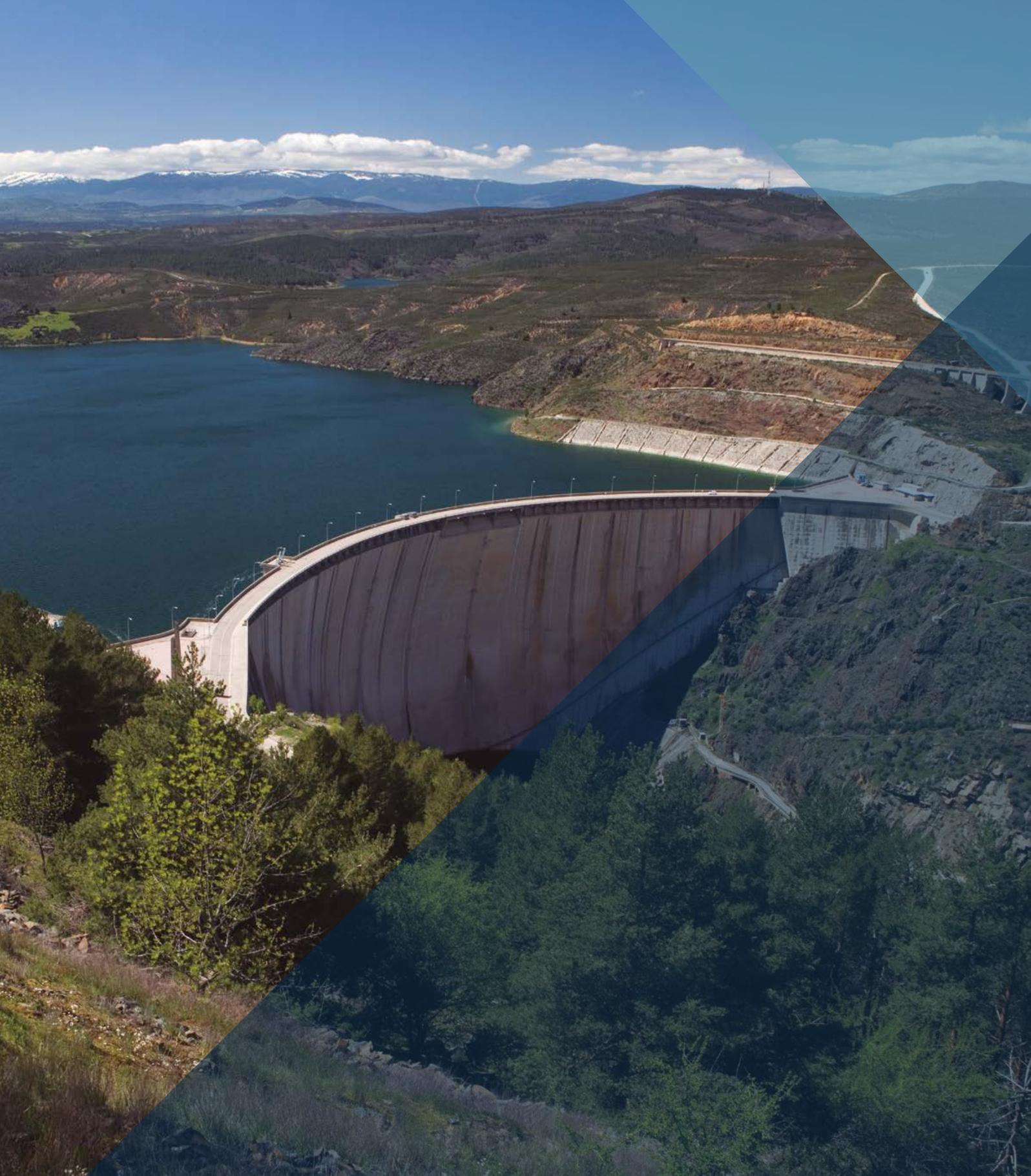
Muchos de los actuales edificios de oficinas están diseñados para un uso múltiple, por lo que un bloque de oficinas se puede convertir en un edificio de apartamentos si la demanda de espacio de oficina en la zona disminuye. Algunos edificios se diseñan utilizando estructuras de hormigón que se pueden adaptar a las necesidades del inquilino, dando como resultado un edificio de uso mixto. La durabilidad y la longevidad del hormigón se prestan perfectamente a este tipo de adaptaciones y a las necesidades cambiantes del mercado. En la actualidad existe una corriente de pensamiento que, en el caso de los edificios más antiguos, aboga por la reutilización de la estructura de hormigón en lugar de su completa demolición.

En este contexto, nuestro sector también está interesado en explorar el modelo de “diseño para la deconstrucción” en el que edificio se concibe en origen con el objetivo de desmontarlo al final de su vida. Este enfoque permite que los materiales y componentes se desmonten fácilmente y se puedan reutilizar para construir un nuevo edificio.

### Apoyos necesarios para impulsar esta transformación

El Pacto Verde Europeo hace hincapié en el sector de la construcción y en la idea de circularidad en los edificios.

Para reducir las emisiones es crucial adoptar un enfoque más circular a la hora de abordar la edificación. Las políticas deben maximizar las distintas propiedades de los materiales de construcción su durabilidad, reciclabilidad, inercia térmica o potencial de recarbonatación.



# (re)Carbonatación

La Ley Europea del Clima reconoce el papel de la absorción de las emisiones de gases de efecto invernadero por sumideros naturales o de otro tipo para poder alcanzar la neutralidad climática. El cemento y el hormigón juegan un papel clave en este aspecto a través de un proceso llamado recarbonatación.

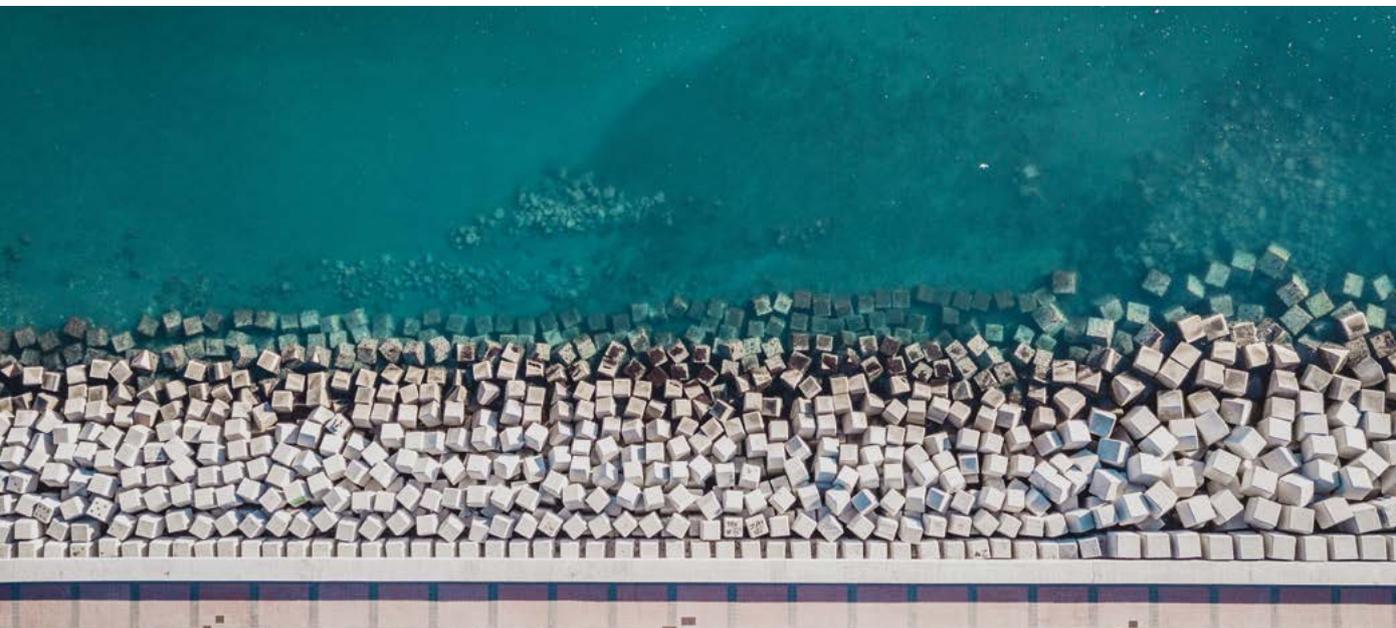
La recarbonatación es el proceso mediante el cual el hormigón reabsorbe parte del  $\text{CO}_2$  que se liberó durante la producción

de clínker. Ocurre de manera natural y es conocido desde hace más de medio siglo. Todas las estructuras de hormigón y mortero absorben  $\text{CO}_2$  permanentemente durante su vida útil.

Gracias a la recarbonación, las ciudades actúan como auténticos sumideros de carbono, lo que permite una mayor reducción de las emisiones en toda la cadena de valor del cemento y el hormigón.



**La recarbonatación es el proceso mediante el cual el hormigón reabsorbe parte del  $\text{CO}_2$  que se liberó durante la producción de clínker. Ocurre de manera natural y es conocido desde hace más de medio siglo. Todas las estructuras de hormigón y mortero absorben  $\text{CO}_2$  permanentemente durante su vida útil**



## Oportunidades para reducir emisiones de CO<sub>2</sub> mediante la (re)Carbonatación

### Recarbonatación en el entorno construido

En los bienes construidos, la recarbonatación se produce de forma natural en todas las infraestructuras de hormigón y mortero. Según las últimas investigaciones<sup>2</sup>, el 20% de las emisiones de

CO<sub>2</sub> de proceso del cemento utilizado son absorbidas, al que se puede sumar un 3% adicional al final de su vida útil debido a la trituración del hormigón.

### Optimización de la recarbonatación del hormigón reciclado

Los áridos de hormigón reciclado tienen una mayor superficie de contacto con la atmósfera y pueden absorber más fácilmente CO<sub>2</sub>. Se ha demostrado que este proceso puede acelerarse utilizando los gases de emisión procedentes del horno de

2. Sanjuán, M.Á.; Andrade, C.; Mora, P.; Zaragoza, A. "Carbon Dioxide Uptake by Cement-Based Materials: A Spanish Case Study". Applied Sciences, 2020, 10, 339. <https://doi.org/10.3390/app10010339>

clinker que tienen una mayor concentración de CO<sub>2</sub> y también están a una temperatura más elevada, aumentando la absorción de CO<sub>2</sub> hasta el 50% de las emisiones de CO<sub>2</sub> de proceso.

### **Carbonatación de minerales naturales**

Algunos minerales naturales como el olivino y el basalto, cuando se trituran también pueden recarbonatarse al exponerlos al aire o a los gases del horno, pudiendo absorber hasta un 20% de las emisiones de CO<sub>2</sub> de proceso. Una vez carbonatados, estos materiales se pueden utilizar como sustitutos del clínker.

### **Apoyos necesarios para impulsar esta transformación**

El hormigón absorbe el CO<sub>2</sub> durante toda su vida útil: la Unión Europea debe utilizar este potencial todavía sin explotar. La recarbonatación de los bienes contruidos de hormigón a lo largo de su ciclo de vida deben ser reconocidos en la contabilidad de emisiones de CO<sub>2</sub>, las metodologías de cálculo de huella de carbono y los sistemas certificados de reducción de CO<sub>2</sub>.

El proceso requiere que el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de la ONU reconozca, desde el punto de vista científico-técnico, el concepto de carbonatación de los materiales derivados del cemento (mortero y hormigones). Para ello, es necesario el firme apoyo de los estados sobre la base de las numerosas publicaciones científicas existentes a nivel mundial<sup>3</sup>.

---

3. Sanjuán, M.Á.; Andrade, C.; Mora, P.; Zaragoza, A. "Carbon Dioxide Uptake by Mortars and Concretes Made with Portuguese Cements". *Applied Sciences*, 2020, 10, 646. <https://doi.org/10.3390/app10020646>

Håkan Stripple, Christer Ljungkrantz, Tomas Gustafsson (2018) CO2 uptake in cement-containing products. Background and calculation models for IPCC implementation. (Proyecto "re-carbonatación" financiado por CEMBUREU-PCA-CSI-CEMENTA). IVL Swedish Environmental Research Institute. Stockholm, Sweden

Andersson, R.; Fridh, K.; Stripple, H.; Häglund, M. "Calculating CO2 Uptake for Existing Concrete Structures during and after Service Life". *Environmental Science & Technology*, 2013, 47, 11625–11633. <http://dx.doi.org/10.1021/es401775w>



C/ José Abascal 53, 1º · 28003 Madrid  
T. (+34) 91 441 19 90 F. (+34) 91 442 38 17  
[www.oficemen.com](http://www.oficemen.com)



