



LIBRO BLANCO

www.buildinn.eu

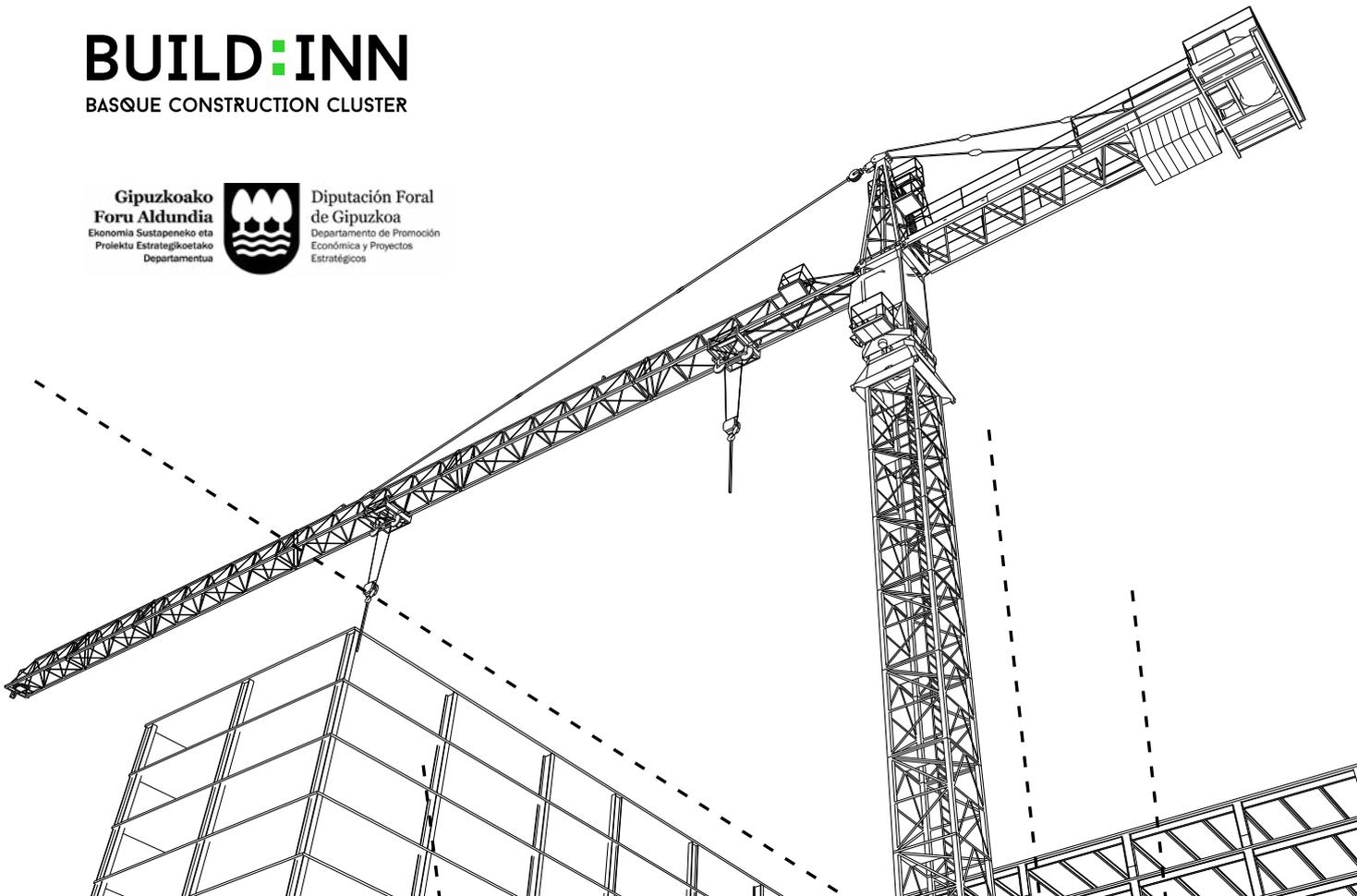
La Descarbonización en el Sector de la Construcción en Gipuzkoa

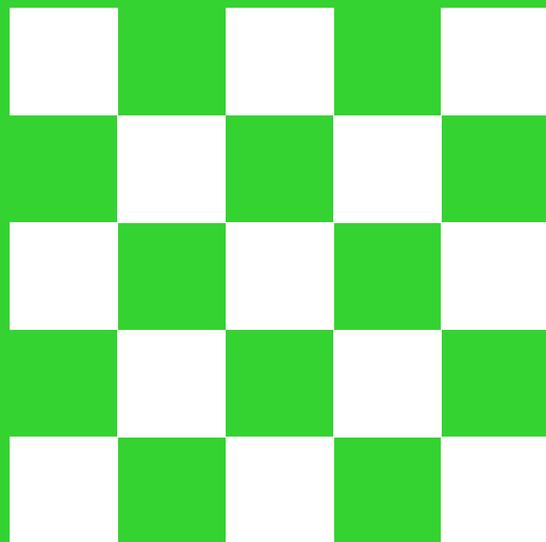
BUILD:INN
BASQUE CONSTRUCTION CLUSTER

Gipuzkoako
Foru Aldundia
Ekonomia Sustapenerako eta
Proiektu Estrategikoetako
Departamentua



Diputación Foral
de Gipuzkoa
Departamento de Promoción
Económica y Proyectos
Estratégicos





Índice de contenidos

TÉRMINOS CLAVE.....	6
FIGURAS.....	9
RESUMEN EJECUTIVO.....	10

1 PRESENTACIÓN DEL LIBRO BLANCO DE LA DESCARBONIZACIÓN DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN DE GIPUZKOA

1.1 El desafío de las emisiones, el consumo de materiales y los residuos en el sector de la construcción a nivel global.....	13
1.2. El sector de la construcción en Gipuzkoa.....	17
1.3. Estructura y alcance del libro blanco.....	20
1.4. Principios del libro blanco.....	25
1.5. Público objetivo.....	27

2 POLÍTICAS Y TENDENCIAS GLOBALES EN MATERIA DE DESCARBONIZACIÓN DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

2.1. Marco normativo vigente y objetivos políticos a 2030 y 2050.....	29
2.2 Tendencias globales para la descarbonización del sector de la construcción.....	36

3 HACIA LA DESCARBONIZACIÓN DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN TODO SU CICLO DE VIDA

3.1. Medición de las emisiones de gases de efecto invernadero.....	39
3.2. Eslabones de la cadena de valor del sector de la construcción y emisiones asociadas a los mismos.....	45
3.3. Stakeholders del sector de la construcción a lo largo de la cadena de valor.....	47
3.4. Desafíos y retos para descarbonizar la cadena de valor del sector de la construcción en Gipuzkoa.....	50

4 IDENTIFICACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE MEDIDAS DE DESCARBONIZACIÓN DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN DE GIPUZKOA

- 4.1. Decálogo de medidas generales aplicables a todos los eslabones de la cadena de valor53
- 4.2. Oportunidades específicas por eslabón84
- 4.3. Buenas prácticas en toda la cadena de valor del sector de la construcción100

5 MATRIZ MULTIPARAMÉTRICA

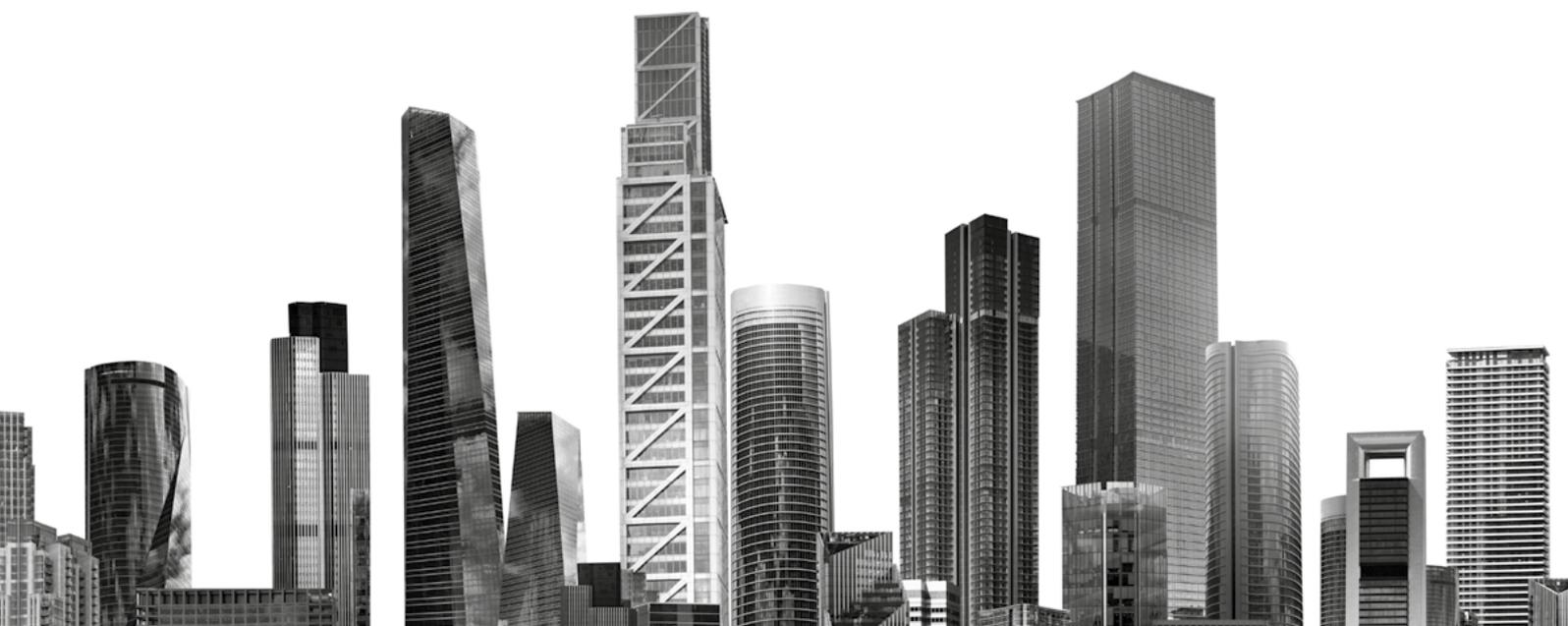
- 5.1. Estructura de la matriz 105
- 5.2. Acceso a matriz multiparamétrica 110

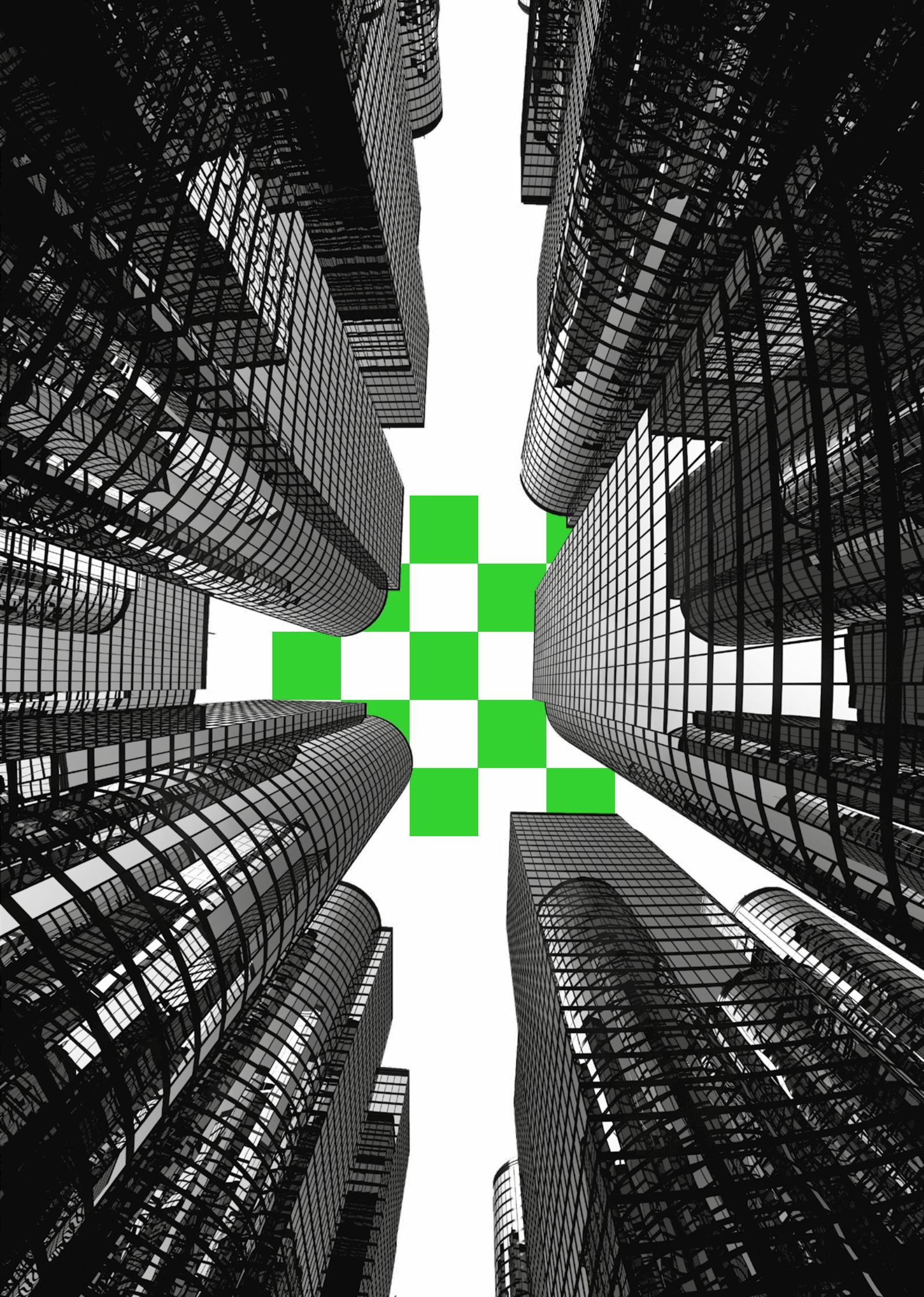
6 CONCLUSIONES Y PRÓXIMOS PASOS112

7 ANEXOS

- 7.1. Anexo I: Marco Normativo.....115
- 7.2. Anexo II: Tendencias globales para la descarbonización del sector de la construcción.....128
- 7.3. Anexo III: Diagnóstico 134
- 7.4. Anexo IV:141

8 BIBLIOGRAFÍA166





Términos clave

Análisis del ciclo de vida. Un procedimiento para tabular e informar el impacto ambiental de un material, producto o servicio a lo largo de su vida útil, desde la extracción de materias primas hasta la disposición final. El objetivo de calcular la huella de carbono en la construcción es identificar las emisiones de CO₂ en cada etapa del ciclo de vida de los materiales de construcción. Esta comprensión facilita la toma de decisiones informadas para minimizar el impacto ambiental, mediante el uso de materiales alternativos, mejoras en eficiencia energética, optimización del transporte y diseño sostenible. El proceso de evaluación del ciclo de vida incluye los siguientes procedimientos: 1) definición de objetivos y alcance, 2) análisis de inventario, 3) evaluación de impacto y 4) interpretación.

Análisis del ciclo de vida completo. Un método que cuantifica el impacto de carbono de un material o proceso a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio/infraestructura/producto o servicio, desde el carbono incorporado hasta el operacional y el fin de uso. La evaluación del ciclo de vida completo requiere una metodología estandarizada rigurosa para que el alcance y los puntos de referencia de las evaluaciones puedan comunicarse y evaluarse de manera transparente. Existen múltiples estándares que especifican cómo medir las emisiones de carbono de un edificio o infraestructura a lo largo de su ciclo de vida. En Europa, la norma UNE-EN 15978:2011 es la más relevante, estableciendo el método de cálculo para la evaluación del comportamiento ambiental de los edificios. Esta norma fomenta la aplicación del ACV conforme a las normas ISO 14040 e ISO 14044.

Captura y almacenamiento de carbono. En el contexto de la edificación y construcción, la captura de carbono se refiere a los procesos activos de eliminación de carbono de la atmósfera a través de procesos como la fotosíntesis de las plantas y la

carbonatación en materiales cementantes. El almacenamiento de carbono se refiere a cómo se mantiene el carbono dentro del material de construcción mismo a lo largo del tiempo.

Carbono del ciclo de vida completo (WLC). Las emisiones de carbono del ciclo de vida completo son el total de todas las emisiones y eliminaciones de GEI relacionadas con un activo, tanto operativas como incorporadas, a lo largo del ciclo de vida de un activo, incluyendo su eliminación.

Carbono embebido. Un término comúnmente utilizado en las industrias del entorno construido para denotar la cantidad de CO₂ que se emite como resultado de toda la energía que entra en la producción de un material (extracción, fabricación) construcción, mantenimiento, remodelación y fin de uso (demolición, incineración, vertedero, etc.) a lo largo del ciclo de vida del proceso del entorno construido.

Carbono incorporado o carbono del ciclo de vida incorporado. Las emisiones de carbono incorporado de un activo son el total de las emisiones y eliminaciones de GEI asociadas con materiales y procesos de construcción, a lo largo del ciclo de vida completo de un activo.

Carbono inicial. Las emisiones de carbono iniciales son las emisiones de GEI asociadas con los materiales y procesos de construcción hasta la finalización práctica. El carbono inicial excluye el carbono biogénico secuestrado en los productos instalados en la finalización práctica.

Carbono operacional. Emisiones que surgen durante el uso continuado de un edificio, como el consumo de energía y el mantenimiento

Carbono operacional – agua. El carbono operacional – agua se refiere a las emisiones de GEI derivadas del suministro de agua y el tratamiento de aguas residuales para un activo en uso, durante su ciclo de vida.

Carbono operacional – energía. El carbono operacional – energía se refiere a las emisiones de GEI derivadas de toda la energía consumida por un activo en uso, a lo largo de su ciclo de vida.

Carbono operacional – infraestructura. El alcance de las emisiones de GEI del carbono operacional para un activo de infraestructura son aquellas que se alinean con el alcance del gasto operativo (OPEX), según lo determine la preferencia del propietario del activo.

Carbono del usuario. El carbono del usuario se refiere a las emisiones de GEI asociadas con la utilización por parte del usuario de los edificios o infraestructura durante la etapa de uso.

Compensaciones de carbono. Instrumentos que permiten a las empresas demostrar emisiones netas cero de gases de efecto invernadero pagando por una actividad fuera de su organización que reduce verificablemente las emisiones de gases de efecto invernadero. Se miden en unidades de una tonelada métrica de emisiones equivalentes de CO₂ y tienen un requisito de "adicionalidad", lo que significa que deben provenir de un proceso que se verifica como "adicional" a lo que sucedería bajo escenarios típicos de "negocios como de costumbre".

Declaración ambiental de producto (DAP, EPD en inglés).

Un documento destinado a comunicar transparentemente el rendimiento/impacto ambiental de un producto o material a lo largo de su ciclo de vida. Estas declaraciones están reguladas por la norma ISO 14025 y permiten a las empresas comparar productos que cumplen la misma función. A diferencia de otras 'ecoetiquetas' reguladas por las normas ISO 14020, una DAP no requiere cumplir con requisitos mínimos específicos para su certificación. En su lugar, presenta los resultados del ACV para ofrecer una visión general del comportamiento ambiental del producto. En el sector de la construcción, las DAP se calculan y verifican conforme a la norma UNE-EN 15804. Esta norma forma parte de una serie, las normas del CEN/TC 350

Descarbonización. Se refiere específicamente al proceso de reducir y eventualmente eliminar las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) resultantes de actividades humanas.

Economía circular. Una economía que utiliza un enfoque basado en sistemas para mantener la vida útil y/o circulación de materiales, productos y servicios tanto tiempo como sea posible.

Sector construcción y edificación. El sector de la construcción engloba todas las actividades relacionadas con la planificación, diseño, construcción, mantenimiento y renovación de edificaciones e infraestructuras. La edificación se refiere al proceso concreto de construir estructuras físicas como edificios, residencias, instalaciones comerciales e industriales.

Emisiones de alcance 1, 2 y 3. El Protocolo GHG clasifica las emisiones de gases de efecto invernadero en tres alcances diferentes: alcance 1, 2 y 3.

Equivalente de dióxido de carbono. Una cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero equivalente que representa el número de toneladas métricas de emisiones de CO₂ con el potencial de calentamiento global equivalente a otro gas de efecto invernadero.

Gases de efecto invernadero (GEI). Constituyentes de la atmósfera que absorben y emiten radiación en longitudes de onda específicas dentro del espectro de radiación infrarroja.

Net Zero. Se refiere a un estado en el que las actividades de una organización, sector, ciudad o país no tienen un impacto neto en la atmósfera en términos de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Potencial de calentamiento global (PCG). Factor de caracterización que describe el impacto del forzamiento radiativo de una unidad basada en masa de un gas de efecto invernadero dado en relación con el dióxido de carbono a lo largo de un período de tiempo determinado.

Figuras

Figura 1. Emisiones CO₂ globales por sector 2020

Figura 2. Emisiones de CO₂ embebidas en el sector de la construcción (2020)

Figura 3. Marco conceptual hacia el diseño regenerativo en el sector de la construcción: un enfoque holístico en el que los seres humanos no sólo reduzcan el daño causado a la naturaleza sino que trabajen activamente para restaurarlo y reponerlo

Figura 4. Mercados finales del sector de la construcción analizados en el Libro Blanco y emisiones de CO₂ relacionadas a cada uno a lo largo de toda la cadena de valor

Figura 5. Legislación, políticas y planes de la Comisión Europea en materia de clima y energía que persiguen el objetivo de neutralidad climática para 2050 y que son relevantes para el sector de la construcción

Figura 6. Visión general de los alcances del Protocolo GHG y las emisiones a través de la cadena de valor

Figura 7. Posibles alcances de la huella de carbono de producto

Figura 8. Tipología de emisiones asociadas a cada eslabón de la cadena de valor

Figura 9. Decálogo de medidas para la descarbonización del sector de la construcción en Gipuzkoa

Figura 10. Potencial de reducción de carbono incorporado en las diferentes etapas de desarrollo del proyecto

Resumen ejecutivo

El cambio climático es uno de los mayores desafíos ambientales de nuestra era, impulsado por el calentamiento global causado por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). A nivel global, estas emisiones tienen efectos severos en el medio ambiente, la biodiversidad y la economía. En respuesta a esta crisis, el Acuerdo de París de 2015 estableció un plan para limitar el calentamiento global a menos de 2°C, preferiblemente a 1.5°C, en comparación con los niveles preindustriales, y para alcanzar un equilibrio entre las emisiones de GEI y la capacidad natural de absorción de los ecosistemas.

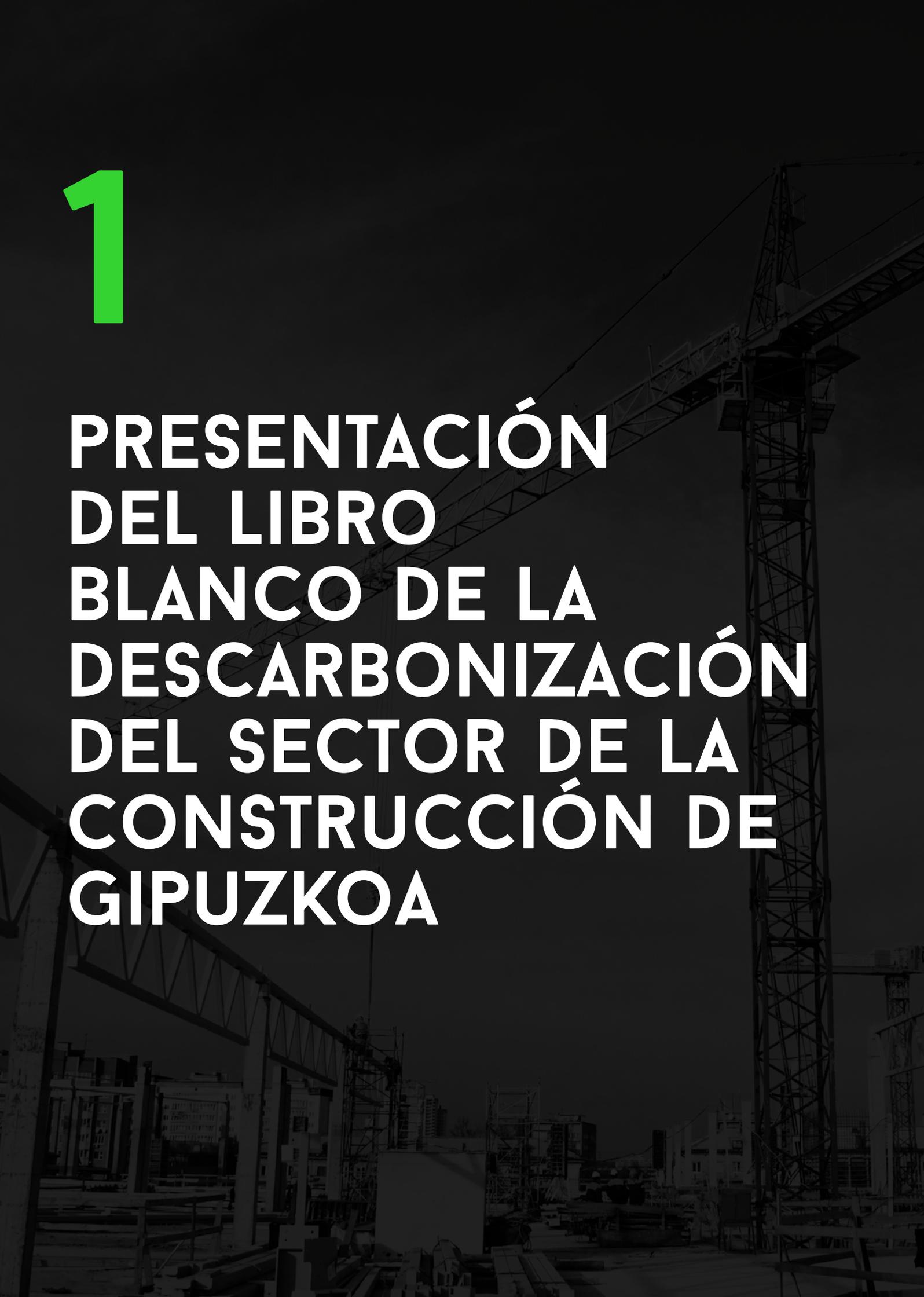
En este contexto global, el sector de la construcción juega un papel crucial. Es uno de los mayores contribuyentes al cambio climático, representando un 37% del consumo de energía mundial y aproximadamente el 42% de las emisiones globales de carbono. Gran parte de estas emisiones provienen de la extracción y producción de materiales como el cemento y el acero, así como de las actividades de construcción y logística. Este sector consume grandes cantidades de recursos naturales y genera importantes cantidades de residuos, destacando la necesidad urgente de una transformación hacia prácticas más sostenibles.

En Gipuzkoa, el sector de la construcción tiene una presencia significativa, con más de 6,397 empresas involucradas, representando el 35% de la comunidad autónoma del País Vasco. Este sector no solo es un gran generador de GEI, sino que también genera una urbanización importante y acelerada del suelo, reforzando la necesidad de un enfoque sistemático para descarbonizar la planificación, construcción, rehabilitación y gestión de edificios, infraestructuras y la propia industria.

El "Libro Blanco para la Descarbonización del Sector de la Construcción de Gipuzkoa" surge como una herramienta clave para enfrentar estos desafíos. Este documento busca guiar al sector en la transición hacia un modelo bajo en carbono, promoviendo la eficiencia, el uso de energías renovables y la economía circular. Propone una serie de medidas para reducir las emisiones de carbono tanto operacionales como embebidas, con un enfoque particular en la reducción del carbono embebido, un aspecto a menudo subestimado pero crucial.

El Libro Blanco ofrece una guía práctica para todos los actores del sector, desde empresas y organizaciones hasta autoridades y reguladores. Presenta un análisis detallado de las emisiones asociadas a cada etapa de la cadena de valor de la construcción, identificando medidas concretas y categorizadas para su descarbonización a corto, medio y largo plazo. La propuesta incluye una matriz que organiza estas medidas por su impacto, factibilidad y costo, facilitando una planificación efectiva y un monitoreo continuo.

A pesar de los retos significativos, como las barreras económicas, técnicas y regulatorias, el sector de la construcción tiene la capacidad de liderar la transición hacia una economía baja en carbono. La colaboración entre los diferentes actores del sector es esencial para superar estos obstáculos y alcanzar los objetivos de sostenibilidad. El Libro Blanco no solo ofrece un marco para reducir las emisiones, sino que también busca inspirar y motivar a todos los involucrados a tomar acción y avanzar hacia un futuro más sostenible.



1

**PRESENTACIÓN
DEL LIBRO
BLANCO DE LA
DESCARBONIZACIÓN
DEL SECTOR DE LA
CONSTRUCCIÓN DE
GIPUZKOA**

1.1

El desafío de las emisiones, el consumo de materiales y los residuos en el sector de la construcción a nivel global

El cambio climático es el mayor desafío ambiental de nuestro tiempo. El calentamiento global debido a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por el ser humano en la atmósfera, conocidas como emisiones de carbono, tendrá efectos ambientales, de biodiversidad, sociales y económicos severos en todo el mundo si los niveles de temperatura continúan aumentando (RICS, 2023).

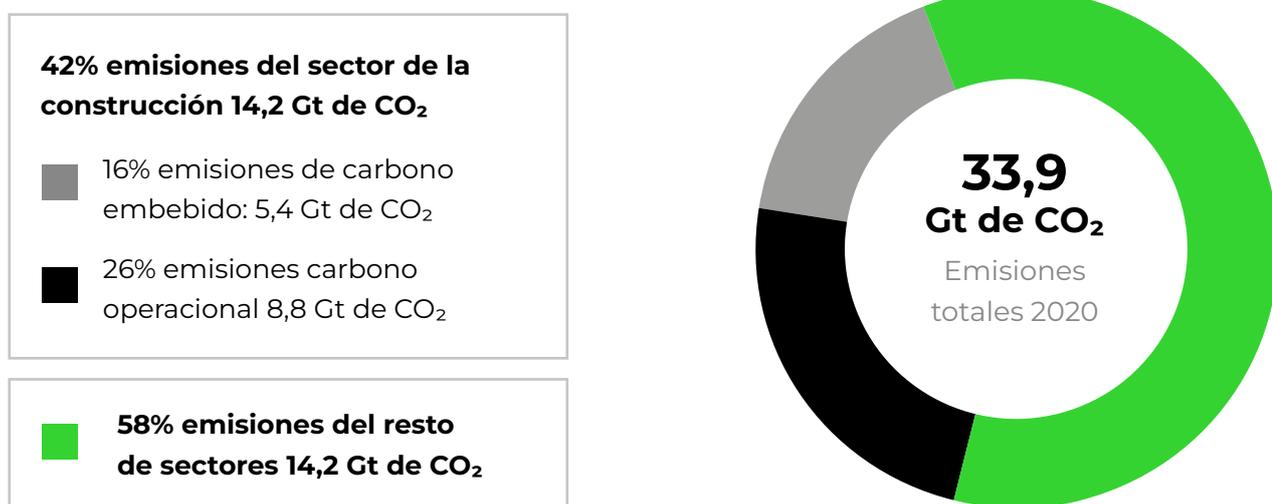
En el marco de la Conferencia sobre el clima de París en diciembre de 2015, 195 países adoptaron el primer acuerdo climático mundial jurídicamente vinculante. Este Acuerdo de París establece un plan de acción global para mitigar el cambio climático, limitando el calentamiento global a menos de 2°C, preferiblemente 1.5°C, respecto a los niveles preindustriales y asegurando que los GEI generados por la actividad humana sean equivalentes a los que océanos, plantas y suelos puedan absorber de forma natural.

En noviembre de 2019, el Parlamento Europeo declaró el estado de emergencia climática y medioambiental. La UE se comprometió así a neutralizar la totalidad de sus emisiones de GEI para 2050 con el objetivo último de limitar el calentamiento global a 1.5°C (Arcas et al., 2022). Para ello, se estima que es necesario que las emisiones se reduzcan alrededor del 40 % para 2030 (UN, 2022). La omisión de este objetivo y la falta de implementación de mejoras significativas en la reducción de los GEI y en la descarbonización de los sistemas actuales podrían acarrear consecuencias climáticas muy severas para mediados de este siglo. Por ello, este contexto climático, refuerza la obligación de realizar un esfuerzo adicional para transformar la economía y enfrentar estos desafíos, incluido el sector de la construcción, que se basa en gran medida en el modelo tradicional de producción (Adabre et al., 2023; Baydarashvili et al., 2020; Benachio et al., 2020).

A pesar de la dificultad de homogeneizar datos, como muestra la Figura 1, a nivel global el sector de la construcción es uno de los mayores contribuyentes al cambio climático por su papel en el consumo excesivo de recursos naturales y el impacto ambiental negativo, es decir, emisiones de carbono, contaminación del agua y del aire e influencia en la salud (Reddy et al., 2016). Se estima que es responsable de un 37% del consumo de la energía y del 42% de las emisiones globales de carbono (14,2 Gt de CO₂). Siendo conservadores en el cálculo, al menos un 16% de estas emisiones son atribuibles al carbono embebido, un mínimo de 5,4 Gt de CO₂, cinco veces más que un sector tan importante como el de la aviación (Architecture2030.org, 2023; Deloitte, 2023; IEA, 2020; PNUMA, 2022;).

EMISIONES CO₂ GLOBALES POR SECTOR (2020)

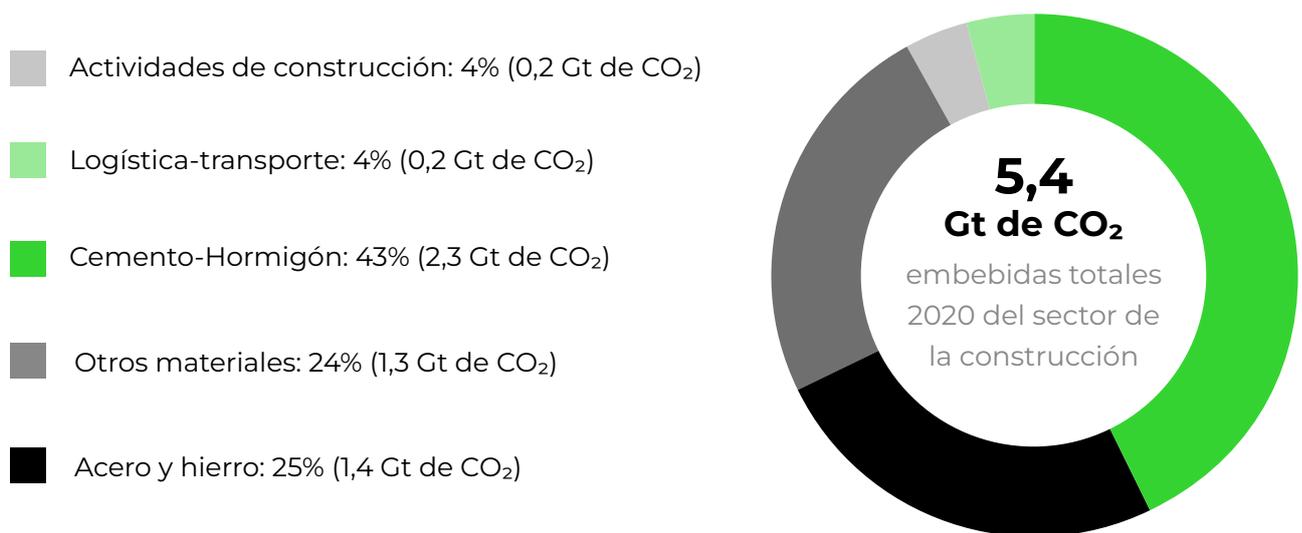
Figura 1.



A lo largo de la cadena de valor de la construcción, como muestra la figura 2, la extracción y fabricación de materiales representa el 92% de las emisiones de carbono embebido, con el 43% de estas atribuibles al cemento y hormigón (Benhelal et al., 2013), el 25% al acero y el hierro (Zhang et al., 2018) y el 24% a otros materiales actualmente en el mercado, como el vidrio, el aluminio, la madera o el asfalto (Xu, 2022). Las actividades de construcción y la logística juntas representan el 8% de las emisiones embebidas, que provienen principalmente del uso de maquinaria en obra y el transporte por carretera de los materiales y productos (IEA, 2022).

EMISIONES DE CO₂ EMBEBIDAS EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN (2020)

Figura 2.



Fuente: Elaboración propia basado en datos de Architecture2030, Deloitte, IEA, y Naciones Unidas.

De estas cifras se desprende que el sector de la construcción tiene un alto consumo de materias primas, estimándose que consume alrededor del 65 % del total de los áridos (arena, grava y roca triturada) y aproximadamente el 20 % del total de los metales extraídos en el mundo. Para proporcionar datos que permitan estimar los impactos ambientales del sector, es relevante señalar que la fabricación de un kilogramo de cemento demanda 3.22 kilogramos de recursos abióticos (como arcillas y roca caliza), 17 kilogramos de agua y 0.33 kilogramos de aire. Además, cada metro cuadrado construido requiere 6 toneladas de materiales y produce 0.8 toneladas de residuos (Ihobe, 2021).

A pesar de toda esta información, según el último informe del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), todavía existen opciones para asegurar un futuro habitable y sostenible, pero lograrlo es cada vez más difícil. El reto requiere de una profunda transformación en toda la cadena de valor que conforma el sector de la construcción. Un cambio radical en la forma en que se diseñan, construyen y utilizan los edificios y las infraestructuras, contemplando todo el ciclo de vida para promover su circularidad a través de la reutilización y el reciclaje, todo ello acompañado de profundas medidas de eficiencia energética y el paulatino abandono en el empleo de combustibles fósiles. Además del cambio tecnológico, se necesitará también un cambio de comportamiento por parte de las empresas y la ciudadanía.

A pesar de que genera grandes impactos en el medio ambiente y el cambio climático, el sector de la construcción posee la capacidad de promover la transición hacia la descarbonización en sectores adyacentes, mediante el desarrollo de infraestructuras sostenibles, la ejecución de proyectos enfocados en la generación de energías renovables y la facilitación de instalaciones para la fabricación de productos con menor impacto ambiental, como pueden ser los vehículos eléctricos (Röck et al, 2020; Sizirici et al, 2021).

En este contexto, se presenta el Libro Blanco para la Descarbonización del Sector de la Construcción de Gipuzkoa como una herramienta viva, que identifica y describe acciones que los agentes de la cadena de valor del sector de la construcción, tales como empresas, organizaciones y entidades locales, entre otros, pueden promover para avanzar en la descarbonización de este sector de actividad.

1.2

El sector de la construcción en Gipuzkoa

Si a nivel global la descarbonización del sector es un imperativo, la situación de Gipuzkoa es similar. En Gipuzkoa actualmente existen 6,397 empresas vinculadas a la construcción, lo que representa el 35% de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV) (Double Trade, 2024). Este sector es uno de los mayores generadores de emisiones de GEI (Diputación Foral de Gipuzkoa, 2022). Al mismo tiempo, en Gipuzkoa, la ocupación del suelo con construcciones e infraestructuras alcanza más del 6.92% de la superficie total, representando el 27.48% de la superficie artificial de la CAPV, con comarcas especialmente artificializadas como Bidasoa Behera (20.89%) y Donostialdea (16.19%) (Gobierno Vasco, 2024). Las proyecciones indican que esta tendencia de urbanización está acelerando, por lo tanto, un entorno construido descarbonizado requerirá acciones en todas las fases del ciclo de vida de las construcciones.

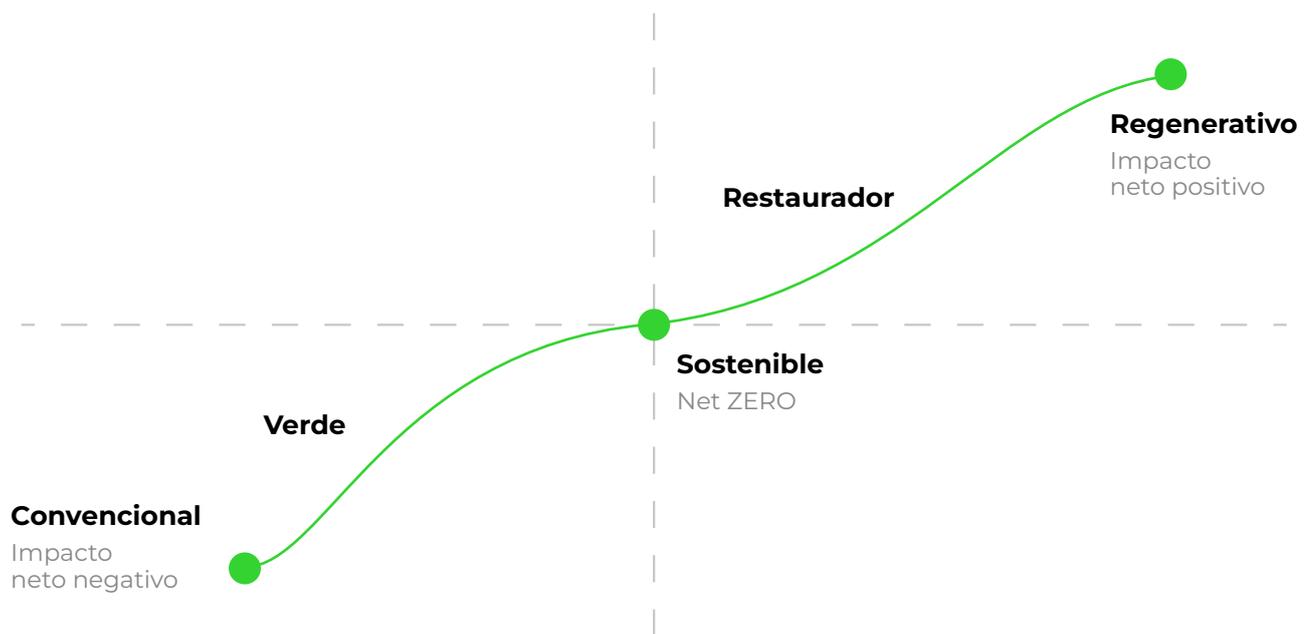
Como consecuencia, la Diputación Foral de Gipuzkoa busca apostar por un modelo energético bajo en carbono en el sector de la construcción, promoviendo el Marco SER (Suficiencia, Eficiencia y Renovables), además de fomentar la economía circular, con el objetivo de transformar el sector lineal de la construcción en un sector circular que permita crear un mercado local sólido de materias primas secundaria, ya que el consumo de recursos de la construcción tradicional resulta insostenible. El objetivo es descarbonizar la planificación urbana, la construcción, la rehabilitación y la gestión y mantenimiento de las construcciones, cerrando la brecha entre los compromisos de neutralidad climática y la reconversión del sector.

Este desafío debe abordarse entre los diversos actores que intervienen en la cadena de valor de la construcción, incluidos perfiles dedicados a la inversión, la clientela, los equipos de arquitectura, fabricantes de soluciones y empresas constructoras. En la práctica, esto implica la implementación de un modelo de producción con visión a largo plazo basado en las tres patas de la sostenibilidad: ambiental, social y económica, y, la perspectiva regenerativa de la propia construcción (Reed et al., 2017; ARUP, 2024), como muestra la figura 3. Este enfoque puede maximizar la relación con la naturaleza, considerando la contribución que el sector puede tener sobre el restablecimiento y el mantenimiento del equilibrio natural.

MARCO CONCEPTUAL HACIA EL DISEÑO REGENERATIVO EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN:

Figura 3.

un enfoque holístico en el que los seres humanos no sólo reduzcan el daño causado a la naturaleza sino que trabajen activamente para restaurarlo y reponerlo.



Fuente: *Update Regenerative Development and Design 2nd edition* (Reed et al, 2017). y *Regenerative Design: Towards living in harmony with nature* (Arup, 2024)

Gracias a la perspectiva regenerativa, el sector constructivo tiene la oportunidad de convertirse en el motor innovador y tractor respecto a la puesta en marcha de procesos y estrategias enfocadas en la descarbonización. Este libro blanco busca posicionarse como guía para ayudar a las empresas a detectar aquellos puntos de mejora.

DATOS DESTACADOS DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN GIPUZKOA (2022)

- **Peso de la construcción en Gipuzkoa:** En 2022 el sector de construcción apenas creció un +2%, el menor de los sectores, y su aportación cae al 5,9% del VAB y Empleo de Gipuzkoa. Aún se situaría un 7,8% por debajo del VAB de 2019.
- **Empresas:** En 2022 disminuye tanto el número de empresas como de establecimientos dedicados a la construcción en Gipuzkoa hasta un total de 6.493 empresas y 6.376 establecimientos. El sector sigue ganando en dimensión gracias a la recuperación de empleo en los segmentos de mayor tamaño y a la pérdida de microempresas.
- **Empleo:** El empleo supera el nivel pre-Covid y crece un +0,9%, por el aumento del personal asalariado (+2,5%) mientras que la cantidad de personas autónomas siguió cayendo (-1%). El paro registrado se redujo un -11% y alcanza 1.299 personas en septiembre, la menor desde mediados de 2001.
- **Impacto económico:** El sector de construcción produce importantes efectos indirectos en el resto de los sectores económicos.
- **Impuestos aportados por la construcción:** El sector contribuyó directamente con el 6,6% de la recaudación de impuestos de Gipuzkoa en 2021, tras crecer su contribución un 3,3% en este año.
- **Actividad de I+D empresarial:** El gasto en I+D de la construcción vasca vuelve a crecer en 2021 el +8,3% y supone el 0,29% del VAB, con aumento de la base de empresas y personal investigador.
- **Digitalización:** El grado de digitalización de las empresas de construcción es menor que la del total de empresas, tanto para el del conjunto de empresas como para las de más de 10 personas empleadas.
- **Licitación pública:** Alcanza 786 M€ en 2022, un +22% más que en 2021 y asciende al 2,5% del PIB. Se adjudicaron provisionalmente en 616 M€, con una rebaja en volumen del -10%, la menor de las registradas en la década.

Fuente: ASCONGI, la Asociación de Empresas de la Construcción de Gipuzkoa

1.3

Estructura y alcance del libro blanco

Este documento, aunque propone algunas medidas para mitigar las emisiones operacionales del sector de la construcción, especialmente aquellas vinculadas a la producción de materiales, se enfoca en el 16% de las emisiones de carbono embebido en el sector. Las soluciones para reducir las emisiones de carbono operacional son, en gran parte, conocidas y se están aplicando tanto en nuevas construcciones como en proyectos de rehabilitación. Por el contrario, la mayoría de las personas involucradas en el sector consideran que las emisiones embebidas son más difíciles de reducir debido a la complejidad de la cadena de valor y a las limitadas soluciones disponibles.

En el libro, de manera holística, se abordan los tres mercados finales del sector de la construcción: **edificación urbana, obra civil y edificaciones en áreas industriales durante todo su ciclo de vida. En el caso de las áreas industriales, se ha tenido en cuenta su producción, poniendo el foco en la fabricación de productos de construcción.**

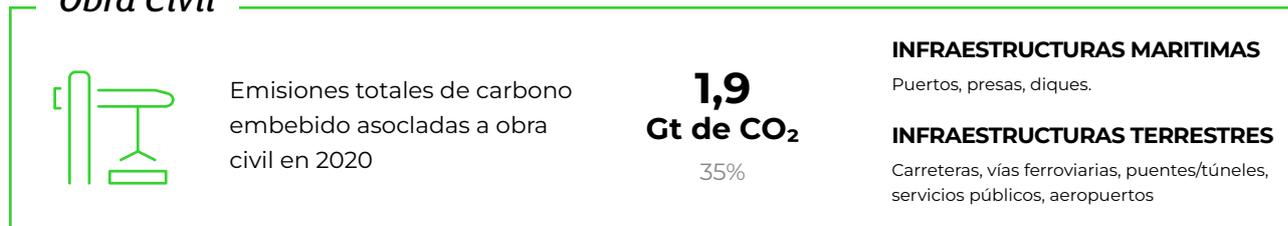
Como muestran los datos de la figura 4, las emisiones embebidas de la construcción de edificios urbanos representa aproximadamente el 60% del total, los proyectos de obra civil contribuyen con un 35% y las edificaciones en áreas industriales con el 5% (IEA, 2020; UNEP, 2024; Hertwich et al, 2019; Eurobitume, 2023; Oxford Economics, 2021).

DECARB GUIPUZKOA 2050

Edificación Urbana



Obra Civil



Áreas Industriales

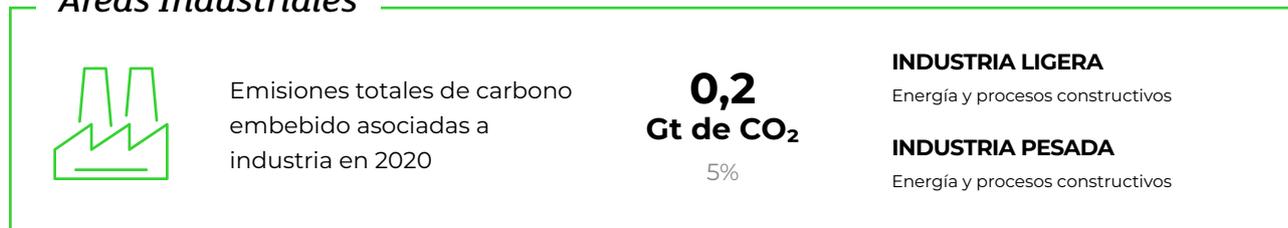


Figura 4. Mercados finales del sector de la construcción analizados en el Libro Blanco y emisiones de CO₂ relacionadas a cada uno a lo largo de toda la cadena de valor

Fuente: Elaboración propia basado en datos de Architecture2030, IEA, Deloitte y Naciones Unidas.

Cada mercado final, con sus propias complejidades, avanza hacia la descarbonización a ritmos diferentes. Sin embargo, la escala y la replicabilidad de los proyectos de infraestructura permiten absorber con mayor facilidad los costes adicionales asociados a las soluciones bajas en carbono. Además, al estar en su mayoría bajo titularidad pública, se facilita la asignación de fondos hacia alternativas más sostenibles a través de la compra pública verde, lo que acelera la adopción de estas soluciones. (Deloitte, 2023; Infrastructure Partnership Australia, 2022; Vallejos et al., 2023).

Los edificios urbanos también avanzan hacia la descarbonización. No obstante, las barreras económicas y regulatorias son significativas. La falta de incentivos económicos, los altos costes iniciales y los largos periodos de recuperación de la inversión dificultan la adopción de tecnologías y prácticas energéticamente eficientes (Zanki, 2022). Además, la resistencia dentro del sector de la construcción y los regímenes fiscales desfavorables también representan obstáculos importantes (Gillott et al., 2022).

Las dificultades técnicas, como la evaluación y adaptación de estructuras existentes, y la falta de capacidades técnicas para implementar proyectos de renovación profunda, complican aún más la descarbonización. La implementación de nuevas tecnologías y la gestión de la eficiencia energética a gran escala también presentan desafíos operativos significativos (Fotiou et al., 2019). La financiación sigue siendo un desafío principal, con dificultades para recaudar fondos y el costo del capital afectando la viabilidad de proyectos de renovación y descarbonización (Ballesty & Sawhney, 2023).

Se espera que el impulso en este sector provenga de grandes empresas comprometidas con estrategias de cero emisiones netas, así como del cambio en la demanda de compradores y compradoras, tanto de carácter público como privado, quienes están cada vez más concienciados sobre la necesidad de adoptar prácticas de descarbonización y los múltiples beneficios que estas conllevan (Deloitte, 2023).

El sector de la construcción industrial está teniendo dificultades debido a las complejidades de la cadena de valor y al gran número de pequeñas y medianas empresas involucradas. Las significativas emisiones de carbono resultantes de sus operaciones propias hacen que el carbono embebido tenga menor prioridad en su lista de preocupaciones. La fragmentación de la cadena de valor y la gran cantidad de pymes dificultan la adopción uniforme de prácticas de descarbonización. Estas empresas a menudo carecen de los recursos necesarios para invertir en tecnologías limpias y enfrentar los riesgos comerciales asociados (Jaglan & Korde, 2023).

Sin embargo, ciertos segmentos del mercado industrial, como las grandes empresas tecnológicas, están empezando a mostrar signos de ser los pioneros en adoptar medidas de descarbonización en todo el ciclo de vida (Deloitte, 2023). De todas formas, la descarbonización del sector industrial requiere inversiones significativas en tecnologías avanzadas, como la captura y almacenamiento de carbono (CCS) y el uso de energías renovables. La alta variabilidad en los costes de captura de CO₂ y la necesidad de adaptar tecnologías para diferentes procesos industriales representan barreras significativas (Thiel & Stark, 2021).

El sector de la construcción enfrenta retos significativos en su camino hacia la descarbonización, pero también ofrece oportunidades únicas para liderar la transformación hacia una economía baja en carbono. Es fundamental que todos los agentes de la cadena de valor, incluidas empresas, organizaciones y entidades locales, se comprometan y colaboren para alcanzar estos objetivos. La implementación de políticas, innovaciones

tecnológicas y cambios en las prácticas de construcción y uso de materiales son esenciales para reducir tanto las emisiones operacionales como las de carbono embebido, y así cumplir con los compromisos globales de sostenibilidad.

Para abordar la complejidad del problema del sector de la construcción y optimizar la utilización del Libro Blanco, este se estructura en seis apartados diferenciados, proporcionando una guía exhaustiva y detallada.

El **primer apartado** sirve como una introducción al reto de la descarbonización del sector de la construcción a nivel global, poniendo énfasis particular en las peculiaridades de Gipuzkoa. Además de presentar el contexto general, se explica el público objetivo del documento y los principios fundamentales en los que se basa, ofreciendo una visión clara y precisa de su propósito y alcance.

El **segundo apartado** analiza el marco regulatorio que influye en el sector de la construcción, abarcando los contextos internacional, europeo, de la CAPV y de Gipuzkoa. Esta sección también ofrece una visión general de las tendencias globales para la descarbonización del sector, proporcionando un panorama amplio de las políticas y normativas que moldean el camino hacia la sostenibilidad.

En el **tercer apartado** se describen los eslabones de la cadena de valor del sector de la construcción y las emisiones asociadas a cada uno de ellos, tanto las emisiones de carbono operacional como las de carbono embebido. Se distingue entre la huella de carbono organizacional y de producto, ayudando a las empresas y demás agentes a comprender sus diferentes implicaciones. Además, se resalta la importancia de elegir correctamente el alcance de la medición de la huella de carbono y se explican las diversas metodologías disponibles, proporcionando herramientas prácticas para la evaluación y gestión de las emisiones.

El **cuarto apartado** identifica y categoriza las medidas para descarbonizar el sector de la construcción a corto, medio y largo plazo. Se define un marco estratégico de medidas generales aplicables a todos los eslabones de la cadena de valor y se detallan incentivos y soluciones específicas para cada eslabón. Este enfoque permite una planificación efectiva y una implementación gradual de las estrategias de descarbonización.

En el **quinto apartado** se presenta una matriz multiparamétrica, una herramienta que organiza todas las medidas identificadas y categorizadas en varias dimensiones clave: posición en la cadena de valor, tipología de medidas, alcance temporal, subsectores, capacidad de reducción de emisiones, indicadores de progreso, retos específicos, factibilidad de implementación

y actores involucrados. Esta matriz también evalúa el coste económico de las medidas y sus beneficios ambientales, económicos y sociales, proporcionando un marco integral para la planificación, implementación y monitoreo de la transición hacia una construcción baja en carbono.

Por último, el **sexto apartado** está dedicado a las conclusiones finales e identifica los siguientes pasos a seguir. Este apartado sintetiza los hallazgos del documento y propone acciones concretas para seguir avanzando en la descarbonización del sector de la construcción.

Como complemento a algunas de las ideas desarrolladas a lo largo del Libro Blanco, se han añadido una serie de anexos que proporcionan información adicional y recursos prácticos. Estos anexos incluyen referencias a normativas y políticas (anexo I), tendencias (anexo II), así como los resultados del diagnóstico realizado en cuanto al estado de la descarbonización del sector de la construcción en Gipuzkoa (anexo III). También se han añadido detalles sobre materiales de construcción y especificaciones concretas para reducir su huella de carbono (anexo IV). Estos anexos están diseñados para apoyar a los profesionales del sector en la implementación de las medidas propuestas, ofreciendo una base sólida de conocimientos y recursos que faciliten la transición hacia una construcción más sostenible y baja en carbono.

1.4 Principios del libro blanco

El objetivo general del libro blanco es **convertirse en la brújula que orienta al sector constructivo de Gipuzkoa hacia la descarbonización**, informando y educando al lector sobre la situación actual e inspirando a adoptar medidas de mejora.

Para cumplir el objetivo principal, la redacción de esta hoja de ruta hacia la descarbonización se ha basado en una serie de principios, valores y criterios. Se trata de ideas que subyacen a toda la propuesta y que se basan en un enfoque integral de ciclo de vida de las construcciones:

- Adoptar una visión integral de la cadena de valor de la construcción, con un enfoque basado en el ciclo de vida completo, con especial atención en las emisiones de carbono embebido. Varios estudios de descarbonización se enfocan en desafíos particulares o en grupos de stakeholders de forma individual. Debido a la interrelación de los factores, el sector necesita una perspectiva más global que abarque elementos económicos, normativos y organizativos. **La eficiencia como prioridad.** La eficiencia de recursos naturales y de la energía es primordial para alcanzar los objetivos de descarbonización.
- **Enfoque de triple sostenibilidad para la descarbonización.** Se trata de aplicar un enfoque integral que busca equilibrar y promover el bienestar en tres dimensiones interconectadas: económica, social y ambiental. Las mejoras propuestas deben reconocer la interconexión y la necesidad de un equilibrio para el desarrollo responsable.
- **Principio de precaución.** El libro no fomentará la toma de decisiones cuyas consecuencias no se conozcan, de manera que se eviten las decisiones arriesgadas y dañinas para el medio ambiente.
- **El aspecto temporal y aplicabilidad.** Las emisiones de GEI tienden a acumularse, por lo que las medidas a aplicar se categorizan según su factibilidad de implementación en el tiempo: **básicas** (de aplicación inmediata porque existen soluciones factibles y testadas en el mercado), **avanzadas** (aplicación más tardía de cara a obtener resultados en 2040) y **disruptivas** (con necesidad de mayor investigación, pruebas y desarrollo tecnológico, pero se espera que tengan un impacto sustancial a largo plazo, típicamente más allá de 2040, cuando sean viables y escalables en el mercado).

- **Diferentes niveles de complejidad frente a la descarbonización. El libro reconoce la diversidad de características** de los productos de construcción y sus respectivos retos para llegar descarbonizarse.
- **Participación.** El libro blanco tiene como punto de partida la realidad de agentes de la cadena de valor, que mediante cuestionarios y entrevistas han demostrado ser conscientes de la implicación económica, ambiental y social de sus actuaciones.

De la misma manera, el objetivo general se asienta sobre los objetivos específicos, que actuarán como hitos o metas tangibles para abordarlo:

- **Incentivar el cumplimiento de la normativa** sobre descarbonización mediante la recopilación y definición de un marco estratégico y normativo aplicado al sector.
- **Definir y facilitar información sobre las principales tendencias de descarbonización en el mercado.**
- **Contribuir a la planificación estratégica de las empresas,** ofreciendo información sobre los principales retos a los que se pueden enfrentar y orientación para el futuro
- **Promover la reducción de GEI** asociadas a la construcción, incluyendo la adopción de tecnologías, procesos y medidas más limpias y eficientes para cada eslabón.
- **Adoptar una visión integral de la cadena de valor de la construcción, con un enfoque dedicado al carbono embebido.** Muchos estudios de descarbonización se centran en desafíos específicos o en grupos de interés de manera aislada. Dada la interdependencia de factores, el sector necesita una visión más amplia, que incluya factores económicos, regulatorios y organizacionales.
- **Reflejar la voz de todo el sector.** Ningún grupo de interesados puede hacer esto solo, y todos tendrán un papel que desempeñar. Es esencial comprender las motivaciones y desafíos únicos de diferentes grupos y geografías para desarrollar soluciones que tendrán un impacto.
- **Aclarar un camino práctico a seguir.** Los líderes de la construcción que participaron en esta investigación están en un punto en el que necesitan tomar decisiones sobre la descarbonización. Trabajar con ellos para converger en un conjunto de soluciones y un plan puede ayudar al sector a actuar ahora y aclarar el camino a seguir.

1.5

Público Objetivo

El libro blanco es una herramienta útil para varios actores clave en la industria de la construcción que buscan adoptar prácticas más sostenibles y reducir las emisiones de GEI.

- **Profesionales del sector privado:** Perfiles de ingeniería, arquitectura, contratistas y otros interesados en:
 - La adopción de tecnologías de construcción y demolición más eficientes y limpias
 - La aplicación de métodos de diseño con menor impacto ambiental
 - La selección o la fabricación de materiales de construcción sostenibles
 - El conocimiento de métodos de valorización de materiales que llegan al final de su ciclo de vida
- **Empresas y organizaciones:** Benefician de la orientación práctica para equilibrar rentabilidad y sostenibilidad a lo largo del ciclo de vida de sus productos y servicios.
- **Autoridades y reguladores:** Pueden utilizar el libro como base para desarrollar y fortalecer regulaciones que impulsen la descarbonización en la construcción.
- **Personal académico e investigador:** Encuentran en el libro un recurso para fomentar la colaboración, identificar brechas en la investigación, y explorar nuevas oportunidades.
- **Estudiantes y personal educador:** Usan el libro como material educativo para enseñar sobre descarbonización, inspirar a futuros profesionales verdes y promover prácticas sostenibles.
- **Inversionistas y perfiles financieros:** El libro ofrece una visión del estado de la construcción sostenible y destaca oportunidades de inversión en proyectos de construcción regenerativa y descarbonizada.

2

POLÍTICAS Y TENDENCIAS GLOBALES EN MATERIA DE DESCARBONIZACIÓN DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

2.1

Marco normativo vigente y objetivos políticos a 2030 y 2050

CONTEXTO INTERNACIONAL

La última década ha sido testigo de un esfuerzo internacional considerable en la lucha contra el cambio climático. Un hito fundamental en este empeño es el Acuerdo de París, adoptado durante la COP21. Este acuerdo global marcó un antes y un después en el compromiso internacional para limitar el calentamiento global. Aunque no específico para ningún sector, sus mandatos afectan de manera directa a la industria de la construcción, ya que insta a todos los países firmantes a desarrollar Planes Nacionales de Reducción de Emisiones (NDCs). Estos planes son cruciales pues deben incluir estrategias concretas para la descarbonización de sectores clave, incluido el sector de la construcción.

En paralelo a esta iniciativa, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, adoptada por todos los Estados miembros de las Naciones Unidas, destaca por su inclusión del Objetivo de Desarrollo Sostenible 11 (ODS 11), aboga por el desarrollo de ciudades y comunidades sostenibles. Este objetivo esencialmente promueve la adopción de prácticas de construcción respetuosas con el medio ambiente y busca minimizar el impacto ambiental en las áreas urbanas.

Entre octubre de 2018 y marzo de 2023, el IPCC publicó el Sexto Informe de Evaluación (AR6) que actúa como un recordatorio urgente de que es esencial movilizar y expandir las soluciones

existentes para garantizar un futuro sostenible y resiliente. En particular, señala que la implementación de medidas adecuadas podría reducir las emisiones, a nivel mundial, en el sector de la construcción en hasta un 66% para 2050 en comparación con los niveles actuales. Para ello, se subraya, por primera vez, la necesidad de implementar medidas de suficiencia, eficiencia y energías renovables (marco SER) para descarbonizar el sector antes de 2050 (Limmeechokchai et al., 2023).

Existen además, diversos mecanismos internacionales que los países han ido adoptando para promover la descarbonización del sector. Entre estos se encuentran las normas ISO sobre sostenibilidad en la construcción, como las series ISO 15392 e ISO 14000, que establecen directrices para la sostenibilidad y la gestión ambiental en proyectos de construcción. Asimismo, el Código Internacional de Construcción Ecológica (IgCC), aunque no es un tratado, se utiliza ampliamente para definir estándares que minimizan el impacto ambiental de los edificios, abarcando eficiencia energética y uso de materiales sostenibles (Alimova & Perkova, 2023; Wu & Zhou, 2014).

Por otro lado, en 2018, World Green Building Council (WorldGBC) lanzó Compromiso de Edificaciones Neto Cero Carbono desafiando a la industria a descarbonizar sus operaciones de construcción para 2030. En 2019, WorldGBC publicó el informe Consideración del Carbono Incorporado en las Etapas Iniciales para resaltar la necesidad urgente de abordar el carbono incorporado. En la actualidad, este compromiso, cubre tanto el carbono operacional como el incorporado a lo largo del ciclo de vida del edificio. Este organismo continúa abogando por la transformación del mercado y colabora con gobiernos y el sector privado para reducir las emisiones de CO₂ en el sector a escala internacional.

TODOS ESTOS ACUERDOS E INSTRUMENTOS REFLEJAN UN COMPROMISO CRECIENTE HACIA PRÁCTICAS DE CONSTRUCCIÓN MÁS SOSTENIBLES Y UNA ECONOMÍA BAJA EN CARBONO

Efectos adversos clave de la cadena de valor lineal y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU afectados por ella.

Cambio climático y acidificación de los océanos

38% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero son causadas por la producción y el transporte de materiales de construcción, la construcción de edificios, su uso y su demolición (Circularity Gap Report 2023).

Grandes cantidades de energía son utilizadas, particularmente durante las fases de construcción y uso.



Cambios en el uso de la tierra, pérdida de biodiversidad y agotamiento de recursos

La industria de la construcción representa entre el 40-50% de todos los materiales primarios extraídos (CEAP 2020). Esto a menudo está asociado con la deforestación, cambios en el uso de la tierra, agotamiento de recursos y pérdida de biodiversidad.

Grandes cantidades de agua son utilizadas en la extracción de arena y grava y en la producción de materiales de construcción como el cemento, el acero y el vidrio.



Contaminación y desechos

Atendiendo a los datos ofrecidos por Level(s), el 25-30% de todos los residuos producidos en la UE provienen de la construcción y demolición.

Los cambios en el uso de la tierra, los desechos domésticos, las aguas residuales y los escombros de la demolición causan contaminación del suelo.

La extracción de materiales y la construcción reducen la calidad del aire, al igual que los sitios de vertederos. La construcción también puede causar contaminación de ecosistemas fluviales y costeros.



UNIÓN EUROPEA

Durante el ciclo político de 2019-2024, la energía y el clima han ocupado un lugar destacado en la agenda de la Comisión Europea. Diversas comunicaciones y estrategias desarrolladas durante este periodo han servido como base para alinear las regulaciones y directivas de la Unión Europea (UE) con sus ambiciones políticas en estos sectores críticos.

La figura 5 presenta un esquema de las principales regulaciones implementadas por el ejecutivo europeo, las cuales serán fundamentales para la consecución de las metas ambientales, sociales y económicas previstas para 2050. Cada una de estas normativas se encuentra explicada en mayor profundidad en el anexo I.

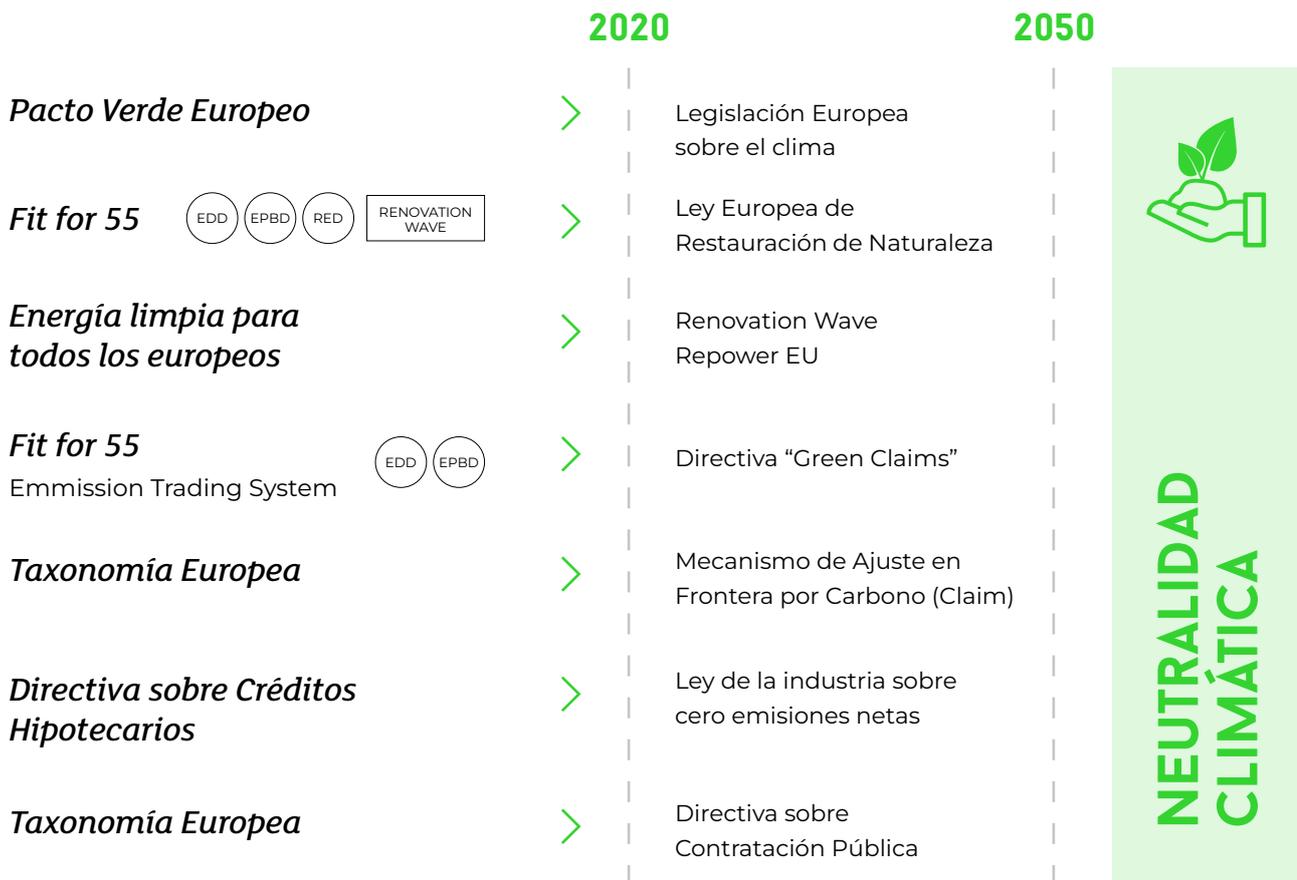


Figura 5. Legislación, políticas y planes de la Comisión Europea en materia de clima y energía que persiguen el pbjectivo de neutralidad climática para 2050 y que son relevantes para el sector de la construcción

Fuente: Elaboración propia basado en BPIE – Buildings Performance Institute Europe

COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

En febrero de 2024, el Parlamento Vasco aprobó la Ley de Transición Energética y Cambio Climático de Euskadi, marcando un hito significativo en la legislación ambiental. Esta ley establece metas ambiciosas, incluyendo la reducción del consumo final de energía en al menos un 12% para 2030 y un 37% para 2050, con referencia a los niveles de consumo de 2021. Además, incorpora políticas sectoriales y territoriales enfocadas en la neutralidad climática, tales como planes de reducción de emisiones, fomento de la economía circular, y la descarbonización de procesos industriales.

La ley no solo busca una transición justa hacia la neutralidad climática, proyectada para 2045, sino que también establece un marco jurídico robusto para su consecución en Euskadi antes de 2050, aumentando la resiliencia al cambio climático. Como parte de este marco, la ley impone obligaciones claras, incluyendo el desarrollo, dentro de un año, de un plan de desinversión en combustibles fósiles. Este plan deberá culminar con la desvinculación completa del Gobierno Vasco y sus entidades públicas de cualquier inversión en exploración, refinación o procesamiento de combustibles fósiles para 2030. Adicionalmente, los entes públicos deberán incluir en sus licitaciones la obligación de presentar la huella de carbono de bienes y servicios contratados. Además, se exige a las instalaciones industriales la cuantificación de su huella de carbono y la formulación de un plan para reducirla hasta alcanzar valores cero o negativos, siempre que sea viable técnica y económicamente.

Esta legislación refuerza la declaración de emergencia climática hecha por Euskadi en julio de 2019, donde se comprometió a adoptar medidas urgentes y ambiciosas ante la crisis climática. Euskadi también se adhirió al Pacto Verde Europeo en diciembre de 2019 mediante el Basque Green Deal, comprometiéndose a lograr un futuro sostenible e inclusivo.

El Plan de Transición Energética y Cambio Climático 2021-2024, aprobado por el Gobierno Vasco en octubre de 2021, fija objetivos como la reducción del 30% en emisiones de gases de efecto invernadero, alcanzar un 20% de energías renovables en el consumo final de energía, y asegurar la resiliencia del territorio ante el cambio climático. Euskadi, con una sólida trayectoria en políticas energéticas e industriales desde 2002, se ha consolidado como un referente en estas áreas.

La economía vasca, con un fuerte sector industrial que representa cerca del 40% del PIB, ha utilizado su política industrial como una herramienta estratégica para avanzar hacia la neutralidad climática. En colaboración con las principales empresas

energéticas y conglomerados industriales, se ha creado el Basque Net Zero Industrial Super Cluster, una iniciativa que lidera la descarbonización industrial, promueve la eficiencia energética, el uso de energías limpias y la generación de oportunidades de mercado a través de la innovación tecnológica.

Finalmente, Euskadi también se ha incorporado al programa del Foro Económico Mundial para impulsar la transición industrial hacia emisiones netas cero en 2050, subrayando su compromiso con una estrategia climática global y colaborativa.

TERRITORIO HISTÓRICO DE GIPUZKOA

En Gipuzkoa, destacan dos estrategias que se alinean con las políticas internacionales, europeas, estatales y autonómicas: la Estrategia Guipuzcoana de Lucha Contra el Cambio Climático 2050 (Gipuzkoa Klima 2050), aprobada en 2018, y la Estrategia de Sostenibilidad Energética de Gipuzkoa (ESEG 2050), aprobada en 2020. Ambas se desarrollan en un contexto de compromiso firme con la sostenibilidad y la mitigación del cambio climático.

Para contribuir a la transición hacia un modelo de desarrollo bajo en carbono y abordar la amenaza del cambio climático, la Diputación Foral de Gipuzkoa aprobó Gipuzkoa Klima 2050 mediante el Decreto Foral 18/2018. Este plan asigna al Departamento de Sostenibilidad la responsabilidad de su desarrollo y coordinación. Concebida como una herramienta de gobernanza climática, integra políticas transversales que abarcan diversas áreas interdepartamentales e interinstitucionales, con el objetivo de mitigar y adaptar Gipuzkoa a los efectos del cambio climático.

Operando dentro de la estrategia Gipuzkoa Klima 2050, en 2023, la Diputación Foral de Gipuzkoa creó la fundación Naturklima para abordar el cambio climático en el territorio. Su principal misión es evaluar la magnitud del problema en Gipuzkoa y establecer prioridades de actuación. Como centro y agente multidisciplinar clave, Naturklima cuenta con tres áreas de acción principales:

- Observatorio de Cambio Climático: Monitorea los impactos del cambio climático en sectores como la costa, agricultura y transporte.
- Economía Circular y Transición Energética: Impulsa proyectos sostenibles que fomentan una economía verde en el territorio.
- Aula Virtual y Centro de Documentación: Facilita el acceso a información actualizada y programas educativos sobre el cambio climático.

Complementando Gipuzkoa Klima 2050, la Estrategia de Sostenibilidad Energética de Gipuzkoa (ESEG 2050) es esencial para la descarbonización de la economía regional. La ESEG tiene como objetivo reducir las emisiones de GEI en un 40% para 2030 y un 80% para 2050. Además, se centra en sustituir las energías fósiles, alcanzar una cuota de energías renovables del 80% y aumentar progresivamente el autoabastecimiento energético. Alineada con el Acuerdo de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 de la ONU (ODS 7 y ODS 13), la ESEG 2050 establece un marco de políticas y planes para reconstruir una economía baja en carbono. Sirve como referencia para actores públicos y privados en la acción climática y en la minimización de impactos ambientales y sociales. Además, esta estrategia apoya los objetivos establecidos en la Ley 4/2019 de Sostenibilidad Energética de la CAPV, que define los pilares normativos para la sostenibilidad energética en las administraciones públicas vascas y el sector privado, así como los principales objetivos en cuanto a la reducción de emisiones y la prevención de la vulnerabilidad energética (Diputación Foral Gipuzkoa, 2024).

El Plan de Prevención y Gestión de Residuos de la CAPV y el Plan Integral de Residuos Urbanos de Gipuzkoa (PIGRUG 2019-2030) también juegan un papel crucial. Estas iniciativas establecen metas claras para la reducción de residuos y la promoción de prácticas sostenibles en la construcción (Diputación Foral Gipuzkoa, 2024).

Estas estrategias y planes reflejan el firme compromiso de Gipuzkoa con la sostenibilidad y la lucha contra el cambio climático, posicionando a la región como líder en políticas ambientales y energéticas. A través de la implementación de estas iniciativas, Gipuzkoa no solo busca cumplir con los estándares internacionales, sino también liderar con el ejemplo, demostrando la viabilidad de avanzar hacia un futuro más sostenible y resiliente.

2.2

Tendencias globales para la descarbonización del sector de la construcción

La innovación tecnológica, la eficiencia energética y la adopción de normativas son algunos de los principales motores de la transformación del sector de la construcción a nivel global. Estos desarrollos están configurando un nuevo panorama en el que la sostenibilidad es una tendencia cada vez más presente. Entre esas tendencias, son especialmente destacables las siguientes iniciativas desarrolladas en mayor profundidad en el anexo II:

- La Compra y Contratación Pública Verde (CCPV) es un instrumento clave para adquirir productos y servicios que incorporan criterios económicos, técnicos y ambientales. Aunque su aplicación es voluntaria en la UE, la CCPV promueve la ecoinnovación y la sostenibilidad, siendo crucial para una economía eficiente en recursos. En la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV), se ha integrado la CCPV en sectores como la construcción, priorizando la eficiencia energética y la gestión sostenible de materiales y residuos. Las administraciones públicas deben asegurar que los criterios ambientales en las compras sean efectivos y medibles.
- Los criterios ESG (del inglés *Environmental, Social and Governance*, es decir; Medio Ambiente, Sociedad y

Gobernanza) son cada vez más relevantes en el sector de la construcción, con nuevas normativas de la UE que obligan a las empresas a presentar informes de sostenibilidad. Estos criterios mejoran la sostenibilidad, la resiliencia del mercado y la imagen pública de las empresas.

- La Iniciativa de Objetivos Basados en la Ciencia (SBTi) guía al sector de la construcción en la reducción de emisiones alineada con el Acuerdo de París, promoviendo tanto la eficiencia energética como la reducción de emisiones embebidas.
- El marco Level(s) de la Comisión Europea y diversas certificaciones de sostenibilidad, como LEED y BREEAM, apoyan la adopción de prácticas sostenibles en la construcción.
- El proyecto #BuildingLife de WorldGBC impulsa la descarbonización del sector edificatorio en Europa, abordando los impactos del sector a lo largo de su ciclo de vida.





3

**HACIA LA
DESCARBONIZACIÓN
DEL SECTOR DE LA
CONSTRUCCIÓN EN
TODO SU CICLO
DE VIDA**

3.1 *Medición de las emisiones de gases de efecto invernadero*

El Potencial de Calentamiento Global (GWP por sus siglas en inglés) es la métrica utilizada para evaluar los impactos del cambio climático asociados con las emisiones de gases de efecto invernadero (Dodd et al., 2021). Los GEI comprenden una variedad de gases que contribuyen al calentamiento global, incluyendo el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O) y otros gases frecuentemente empleados como refrigerantes y agentes de soplado para aislamiento. Aunque estos gases varían en el nivel de daño que causan a la atmósfera, se cuantifican en unidades equivalentes de CO₂ a lo largo de un periodo de 100 años (CO₂e) para facilitar su comparación y manejo. Estos valores se suelen referir como emisiones de carbono o simplemente carbono. (Hossain et al., 2018).

La huella de carbono identifica la cantidad de emisiones de GEI que son liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad; permite identificar todas las fuentes de emisiones de GEI y establecer a partir de este conocimiento, medidas de reducción efectivas (MITECO, 2024). Propicia como resultado un dato que puede ser utilizado como indicador ambiental; un punto de referencia básico para el inicio de actuaciones de reducción de consumo de energía, reutilización de recursos y en general un mejor comportamiento ambiental (Campos, 2021).

Hay dos maneras de medir la huella de carbono:

- Huella de carbono de una organización: mide los GEI emitidos por efecto directo o indirecto de la actividad de la misma.
- Huella de carbono de un producto: mide los GEI emitidos durante el ciclo de vida de un producto

HUELLA DE CARBONO DE ORGANIZACIÓN

En el caso de una empresa u organización, su huella de carbono mide la totalidad de GEI emitidos por efecto directo e indirecto provenientes del desarrollo de la actividad de dicha organización (MITERD, 2023). Para ello, antes de realizar el cálculo la empresa deberá decidir qué áreas incluir en la recolección de información y definir el periodo temporal de los cálculos.

Una vez decidido, se establecerán los alcances de la medición. La manera más utilizada para medir la huella de carbono de una organización es el Protocolo GHG (ver figura 6), método que separa las emisiones de gases en tres alcances. Se distinguen tres alcances: 1, 2 y 3 (MITERD, 2023):

- **Alcance 1:** Emisiones directas de GEI. Por ejemplo, emisiones provenientes de procesos de combustión en propiedad o control de la entidad (consumo de combustibles en instalaciones fijas, consumo de combustibles en vehículos y maquinaria. También incluye emisiones fugitivas (p.ej. fugas de aire acondicionado, fugas de CH₄ de conductos, etc.).
- **Alcance 2:** Emisiones indirectas de GEI asociadas a la generación de electricidad adquirida y consumida por la organización.
- **Alcance 3:** Otras emisiones indirectas. Pueden clasificarse en el alcance tres las emisiones derivadas de la extracción y producción de materiales, los viajes de trabajo a través de medios externos, actividades logísticas realizadas por terceros o la utilización de productos o servicios ofrecidos por otros.

Realizar una correcta identificación de las fuentes de emisiones, los alcances y llegar a medir correctamente la huella de carbono corporativa es esencial para controlar y alcanzar una reducción de las emisiones de GEI e incluso la neutralidad climática.

A nivel estatal, a partir del 1 de enero de 2025, las empresas afectadas por la Ley 11/2018 deberán calcular anualmente su huella de carbono, siendo el ejercicio de 2024 el primero a reportar. Posteriormente, se les exigirá desarrollar un plan para reducir emisiones de gases de efecto invernadero en un plazo de 5 años, presentando medidas concretas para alcanzar el objetivo.

Esta normativa afectará a todas las sociedades con más de 250 personas trabajadoras que, o bien tengan la consideración de entidades de interés público según la legislación de auditoría de cuentas (exceptuando a las entidades calificadas como pequeñas y medianas empresas), o bien durante dos ejercicios consecutivos reúnan, a la fecha de cierre de cada uno de ellos, al

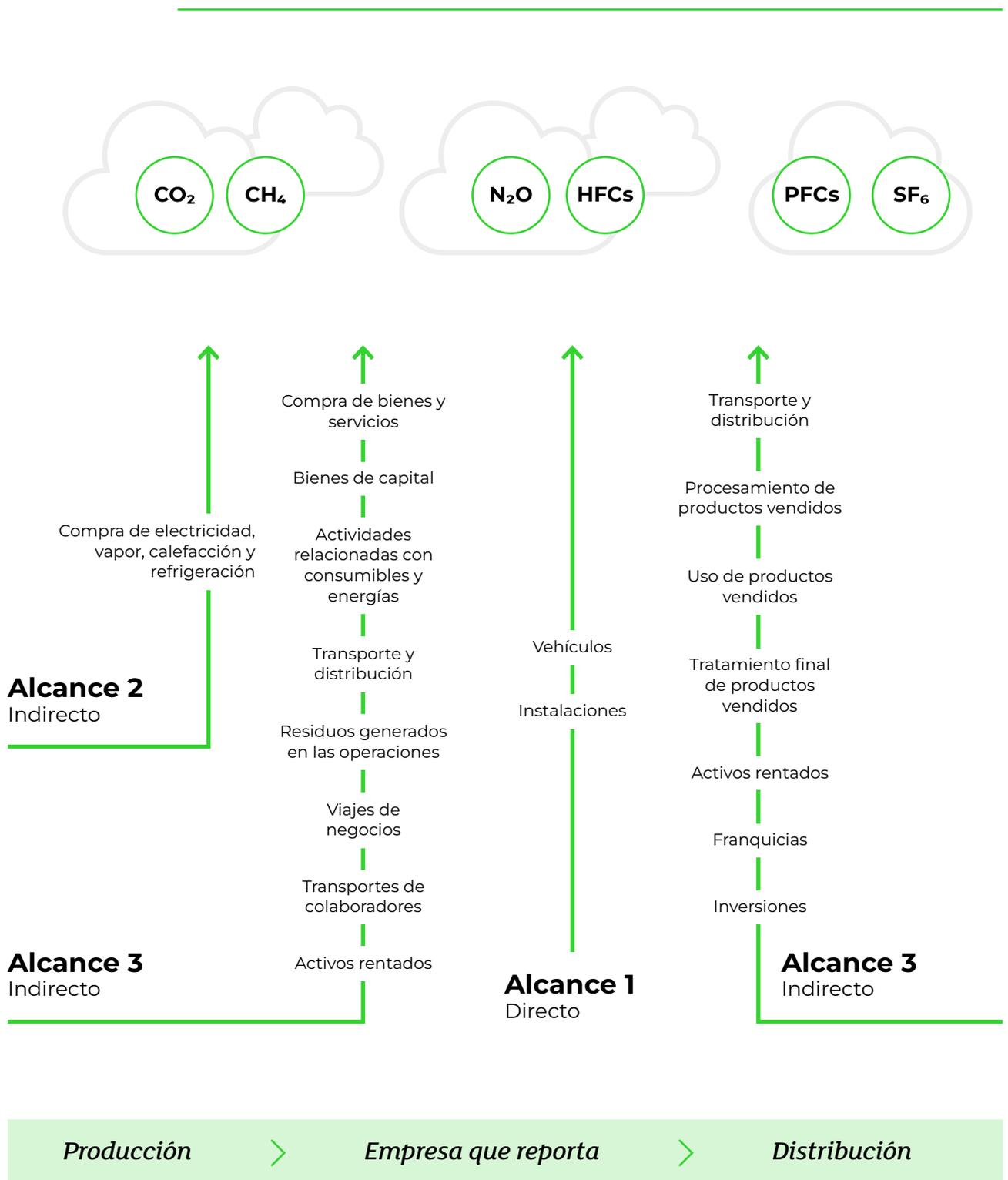


Figura 6. Visión general de los alcances del Protocolo GHG y las emisiones a través de la cadena de valor.

Fuente: Protocolo GHG

menos una de las siguientes circunstancias: que el total de las partidas del activo sea superior a 20.000.000 de euros o que el importe neto de la cifra anual de negocios supere los 40.000.000 de euros (MITERD, 2023).

A nivel de la CAPV, la Ley 1/2024 de Transición Energética y Cambio Climático, obliga a las instalaciones industriales a calcular su huella de carbono y elaborar un plan dirigido a reducirla. Reglamentariamente se establecerán las instalaciones afectadas por dicha obligación, el alcance del cálculo de la huella de carbono, el contenido mínimo del plan, el plazo en el que deberá estar redactado y la frecuencia de su actualización (Ihobe, 2024).

Paralelamente, la ley establece la creación del Registro Vasco de Iniciativas de Transición Energética y Cambio Climático donde titulares de actividades públicas o privadas se inscribirán de forma gratuita, a fin de que consten públicamente los compromisos asumidos por las mismas en relación con la adopción de actuaciones en acción climática. Tendrá carácter voluntario, salvo para aquellas actividades que se establezca en el desarrollo del reglamento correspondiente. El registro contendrá, entre otras, secciones para inscribir acciones de compensación de huella de carbono mediante absorciones realizadas por las organizaciones inscritas o para acciones desarrolladas en materia de adaptación al cambio climático (Ihobe, 2024).

Los órganos de contratación de las administraciones públicas vascas y de las demás entidades del sector público incluirán en los pliegos de cláusulas administrativas y de prescripciones técnicas de sus contratos la obligación de disponer de la huella de carbono de los productos, servicios y suministros, siempre que dicha obligación se vincule con el objeto del contrato. Además, la entidad licitadora para la administración pública podrá justificar la disposición de la huella de carbono de productos, servicios y suministros mediante la acreditación de inscripción en el Registro Vasco de Iniciativas de Transición Energética y Cambio Climático (Ihobe, 2024).

Para facilitar y unificar el cálculo de la huella de carbono, Ihobe ha elaborado la herramienta Climate&Circularity Calculator, la primera calculadora para medir de forma integrada huella de carbono, huella ambiental e indicadores de circularidad de organizaciones, productos y servicios. La herramienta se complementa con programas de formación a profesionales en activo, cursos a jóvenes y con la posibilidad de otros ciclos autoformativos.

HUELLA DE CARBONO DE PRODUCTO

La huella de carbono de producto es la cantidad total de emisiones de GEI que se generan en cada una de las fases del ciclo de vida del producto (desde la extracción de las materias primas que lo componen hasta el abandono del producto). Esto puede aplicarse a un material, una solución, un edificio o una infraestructura (AENOR, s.f.).

El cálculo de la huella de carbono de un producto se rige por varias normativas, tales como la ISO 14067, el GHG Protocol y la PAS 2050. En términos generales, la metodología se divide en cuatro etapas (Carbon Trust, s.f.):

- **Definición del objetivo y alcance del análisis:** La primera etapa consiste en definir claramente el propósito del cálculo. Este objetivo influye significativamente en el nivel de detalle y el alcance del análisis. Por ejemplo, si se busca comparar dos productos similares, es necesario examinar minuciosamente los aspectos del ciclo de vida que difieren entre ellos. En cambio, si el objetivo es optimizar las emisiones del producto, se priorizarán aquellos aspectos que puedan ser fácilmente influenciados o que tengan una mayor contribución prevista en las emisiones.
- **Creación del inventario del ciclo de vida del producto:** En esta fase, se analizan las entradas y salidas de todos los procesos a lo largo del ciclo de vida del producto. Las entradas incluyen materias primas, productos preliminares, materiales auxiliares y energía. Las salidas comprenden productos finales o intermedios, residuos y emisiones. Para los productos intermedios, el inventario también abarca al fabricante.
- **Evaluación del impacto del Inventario del Ciclo de Vida:** Con el inventario completado, se evalúan las entradas y salidas utilizando factores de emisión, que convierten las distintas emisiones químicas en cifras uniformes y comparables, como los equivalentes de carbono.
- **Interpretación de los resultados:** En la última etapa, se procesan e interpretan los resultados de la evaluación de impacto en relación con el objetivo previamente definido del análisis. Esto generalmente conduce a conclusiones específicas, tales como puntos de referencia para diferentes productos o potenciales de optimización para un producto determinado.

Los impactos a considerar en el cálculo de la huella de carbono de un producto se miden según el alcance decidido (Figura 7):

- De puerta a puerta (gate to gate): La medición de GEI se limitan al proceso productivo de la empresa.
- De la cuna a la puerta (cradle to gate): Implica la suma de emisiones provenientes de la extracción y producción de materiales, excluyendo las emisiones de las operaciones de construcción, transporte, demolición y eliminación.
- De la cuna a la tumba (cradle to grave): Incluye la suma de emisiones desde la cuna (extracción de materia prima) hasta las fases de construcción, mantenimiento, demolición y fin de vida.
- De la cuna a la cuna (cradle to cradle): Se trata de la suma de emisiones de carbono desde la cuna hasta la reintroducción de materiales utilizados en el ciclo, promoviendo la sostenibilidad.



Figura 7. Posibles alcances de la huella de carbono de producto

Fuente: Grupo de Investigación de Sostenibilidad en la Construcción y en la Industria, Universidad Politécnica de Madrid

3.2 *Eslabones de la cadena de valor del sector de la construcción y emisiones asociadas a los mismos*

El sector de la construcción y su conjunto afecta completamente al desarrollo de la sociedad; un buen ensamblaje entre los eslabones de la cadena de valor es una oportunidad para la cubrir la necesidad de cooperación y profesionalización de todos los agentes que influyen en todo el proceso constructivo.

En Gipuzkoa, el sector tiene incorporado el rango completo de actividades necesarias para crear un producto o servicio, desde la etapa de concepción hasta la de valorización, y cada eslabón añade valor respecto a la anterior, de manera que se brinde confort y comodidad al consumidor.

En el libro blanco se diferencian los siguientes eslabones de la cadena de valor:

- **Promoción:** Este eslabón se centra en la adquisición de terrenos o edificios a demoler, con el propósito de construir o revender el terreno para futuras construcciones. Aunque impulsa, programa, supervisa y financia el proyecto, el diseño es confiado a un equipo de arquitectos.
 - Uso del suelo & Planeamiento
 - Viabilidad & Financiación
- **Diseño:** En esta etapa, se elaboran los planos de la construcción, considerando la estructura, el proceso constructivo, el diseño y la apariencia final. El equipo de arquitectura y diseño tiene en cuenta aspectos cruciales como el equipo y los materiales necesarios, así como el cumplimiento de las normativas legales aplicables.

- **Fabricación y Soluciones:** Este eslabón se dedica a la producción de los productos utilizados en la construcción de edificios u obras de ingeniería civil, ajustándose siempre a las necesidades específicas de cada proyecto y cumpliendo con los requisitos legales mínimos.
- **Ejecución de obra:** Ejecución de todas las tareas que dan lugar a la construcción o a la demolición; desde los cimientos, muros, infraestructuras eléctricas, etc.
- **Servicios en instalaciones:** Empresas especializadas en realizar tareas de mantenimiento para garantizar el correcto funcionamiento de las construcciones, aumentando su durabilidad y protegiéndolas contra el desgaste causado por el tiempo y el uso.
- **Fin de vida:** Este eslabón está conformado por entidades dedicadas a la clasificación y separación adecuadas de los residuos de obra. Incluye también a gestores de residuos, promoviendo el reciclado o la reutilización de materiales para contribuir a una gestión sostenible de los desechos.

Estas fases, además de proporcionar productos y/o servicios de calidad, conllevan una contribución de GEI al producto o servicio ofrecido. La misión central de la cadena del sector debe ser perfeccionar la eficiencia en la producción, de manera que la huella de carbono se desacople del aumento del valor añadido.

Considerando las definiciones proporcionadas para el carbono embebido y operacional, es posible clasificar los diversos eslabones de la cadena de valor según el tipo de carbono en el que tienen un impacto más significativo, por lo que se deberán tomar decisiones de reducción de emisiones acorde a la categoría (ver figura 8):



Figura 8. Tipología de emisiones asociadas a cada eslabón de la cadena de valor

Fuente: Elaboración propia

3.3

Stakeholders del sector de la construcción a lo largo de la cadena de valor

REGULADORES/CERTIFICADORES

Administración pública y organismos: Establecen las reglas y estándares que guían las prácticas de construcción. Pueden incentivar la descarbonización a través de políticas, regulaciones, licitaciones y certificaciones ambientales. Ejemplos incluyen normativas de eficiencia energética, códigos de construcción sostenible y subsidios para proyectos verdes.

Organismos de certificación ambiental: Evaluadores de la sostenibilidad de los proyectos, otorgando certificaciones y reconocimientos que incentivan prácticas de construcción verde.

INVERSORES/FINANCIADORES

Bancos, fondos de inversión y otros agentes privados y públicos: Proporcionan el capital necesario para la construcción. Pueden fomentar la sostenibilidad a través de sus decisiones de inversión y criterios de financiación, por ejemplo, otorgando préstamos verdes o fondos para proyectos que cumplan con ciertos estándares ambientales.

EMPRESAS PROMOTORAS

Desarrolladores inmobiliarios: Encargados de la planificación, financiación y ejecución de proyectos de construcción. Tienen la capacidad de decidir sobre el diseño, materiales y tecnologías empleadas, influyendo significativamente en la sostenibilidad del proyecto desde su concepción.

INGENIERÍAS, ESTUDIOS DE ARQUITECTURA, DISEÑADORES Y CONSULTORÍAS

Profesionales del diseño y planificación: Diseñan los edificios y tienen un impacto significativo en la sostenibilidad a través de la planificación estratégica y la selección de materiales y tecnologías eficientes. Sus decisiones pueden minimizar el impacto ambiental y maximizar la eficiencia energética de los proyectos.

FABRICANTES DE MATERIALES

Proveedores de materiales de construcción: Desarrollan e innovan en materiales sostenibles y de bajo impacto ambiental, como hormigón reciclado, madera certificada y productos de bajo contenido en carbono. Su innovación es esencial para reducir la huella de carbono de los edificios y proyectos de infraestructura.

FABRICANTES DE EQUIPOS/MAQUINARIA

Desarrolladores de tecnología de construcción: Proveen maquinaria y equipo eficiente y menos contaminante. Esto incluye maquinaria eléctrica o híbrida, equipos de construcción con menor consumo energético y herramientas que permitan prácticas de construcción más sostenibles.

EMPRESAS CONSTRUCTORAS

Contratistas y subcontratistas: Responsables de la ejecución material de los proyectos, desde la excavación hasta la finalización. Implementan tecnologías y metodologías que contribuyan a la descarbonización del sector, como prácticas de construcción verde, gestión de residuos y uso de energías renovables en el sitio de construcción.

PROPIETARIOS Y OPERADORES

Gestores de inmuebles e infraestructuras: Manejan los edificios e infraestructuras durante su ciclo de vida. Pueden impulsar la demanda de edificios más verdes a través de políticas de inversión y gestión que prioricen la eficiencia energética y el uso de energías renovables.

GESTORES AUTORIZADOS

Especialistas en gestión de fin de vida de construcción: Coordinan actividades de desmantelamiento, demolición y reciclaje de edificios e infraestructuras. Aseguran el cumplimiento normativo, promueven la reducción, reutilización y reciclaje de materiales, y adoptan tecnologías y metodologías sostenibles. Implementan medidas de seguridad y monitorean el impacto ambiental para minimizar los efectos negativos durante el proceso.



CIUDADANÍA / USUARIOS FINALES

Residentes y trabajadores: Utilizan los edificios y pueden influir en las prácticas de sostenibilidad a través de su comportamiento y demanda. La concienciación y el comportamiento responsable pueden reducir el consumo energético y promover la adopción de prácticas más sostenibles.

INVESTIGACIÓN Y ACADEMIA

Instituciones educativas y de investigación: Desarrollan nuevas soluciones y conocimientos para avanzar hacia la construcción sostenible. Su investigación puede conducir a innovaciones en materiales, tecnologías y prácticas de construcción, y proporcionar la base científica para las normativas y estándares ambientales.

COMPAÑÍAS DE ENERGÍA

Proveedores de energía: Suministran la energía para el proceso constructivo y operativo de los edificios. Su rol en la transición a energías renovables y la eficiencia energética es fundamental, ofreciendo soluciones como la energía solar, eólica y otras formas de energía limpia.

3.4

Desafíos y retos para descarbonizar la cadena de valor del sector de la construcción en Gipuzkoa

En el contexto actual, con una creciente preocupación por el medio ambiente y la necesidad urgente de enfrentar el cambio climático, la descarbonización se ha convertido en un tema central en las agendas de gobiernos, empresas y la sociedad en general. En el sector de la construcción, este enfoque se refleja en las diferentes perspectivas de todos los agentes involucrados.

El libro blanco propone una visión que incluye a todos los actores del sector, reconociendo la diversidad y la complejidad de su cadena de valor. Para entender mejor estas perspectivas, se realizó un diagnóstico dentro del marco de la elaboración del libro mediante cuestionarios y entrevistas, cuyos resultados están detallados en el anexo III. Estos revelan los principales desafíos para descarbonizar el sector, como la gestión de residuos, la eficiencia energética, el diseño de materiales y la digitalización. También se destaca la importancia de medir los gases de efecto invernadero como un paso crucial para reducir emisiones.

Aunque todos coinciden en la importancia de estos desafíos, la cooperación entre los distintos actores sigue siendo un área que necesita mejorar, ya que su falta de aplicación frena la innovación y el avance hacia la sostenibilidad. También se identifica que la falta de consenso en la normativa del sector es un obstáculo para adoptar soluciones más sostenibles.

La contratación pública verde, que promueve prácticas más sostenibles como la gestión de residuos y el uso de energías renovables, tiene un papel clave en movilizar al mercado. Integrar criterios de descarbonización no solo establece un buen ejemplo, sino que también revitaliza el mercado. Sin embargo, áreas como la construcción industrializada y el ecodiseño necesitan más apoyo e investigación para ser aplicadas de manera más generalizada. Es esencial sensibilizar a todos los actores de la cadena de valor para que entiendan cómo sus decisiones pueden generar un impacto significativo en la sostenibilidad del sector.



4

IDENTIFICACIÓN Y CATEGORIZACIÓN DE MEDIDAS DE DESCARBONIZACIÓN DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN DE GIPUZKOA

4.1

Decálogo de medidas generales aplicables a todos los eslabones de la cadena de valor

Descarbonizar el sector de la construcción es un desafío complejo que requiere una visión integral, abarcando aspectos medioambientales, sociales, económicos, regulatorios y organizacionales. Es crucial considerar cómo las prácticas de diseño, selección de materiales, logística, mantenimiento y demolición afectan las emisiones de carbono a lo largo del ciclo de vida de un proyecto, evaluando los costos iniciales frente a los beneficios a largo plazo en términos de eficiencia y reducción del impacto ambiental.

La colaboración entre todos los actores de la cadena de valor es esencial para adoptar prácticas que minimicen el carbono embebido y operacional. Las empresas de construcción pueden mejorar la eficiencia y los modelos contractuales, mientras que los fabricantes deben ofrecer materiales con bajo contenido de carbono. La implementación de normativas que fomenten la construcción sostenible es clave, y Gipuzkoa está liderando con políticas rigurosas en este ámbito.

Las estrategias presentadas en este libro blanco establecen las bases para reducir las emisiones en el sector y acelerar la descarbonización. La figura 9 detalla las medidas generales para toda la cadena de valor, y la sección 4.2 describe acciones específicas para cada eslabón.

DECARB GUIPUZKOA 2050

Figura 9.

Sector de la construcción

■ EDIFICACIÓN

■ OBRA CIVIL

■ INDUSTRIA

Oferta-demanda. Para que haya una implementación de proyectos, productos y procesos descarbonizados debe haber un aumento de la demanda por parte de clientes y usuarios finales

Aprender ¿Qué? ¿Por qué?

AUMENTAR LA DEMANDA.

FACILITAR LA ADOPCIÓN DE PRODUCTOS Y PROCESOS BAJOS EN CARBONO

Perspectiva de Ciclo de Vida. Especial atención a las emisiones de carbono embebido



Presión e incentivos que generen motivación para descarbonizar en todos los agentes involucrados



Normas y políticas desarrolladas por la administración pública para acelerar el cambio.



Instrumentos, esquemas y mecanismos financieros innovadores

01

SENSIBILIZAR Y FORMAR A TODO EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN SOBRE LAS EMISIONES DE CARBONO EMBEBIDO

Objetivo:

Priorizar la importancia del carbono equivalente en todo su ciclo de vida, especialmente el carbono incorporado, en las estrategias, objetivos, y modelos de negocio de la administración pública, inversores, empresas, profesionales y usuarios finales, estableciendo un lenguaje y estándares comunes y entendibles para todos.

02

ADOPTAR REGULACIÓN PARA ESTIMULAR PROGRESIVAMENTE LA DEMANDA DE ACTIVOS NET- ZERO

Objetivo:

Hacer que la construcción baja en carbono, operacional y embebido, sea obligatoria para cualquier proyecto de edificación, infraestructura o industrial.

03

INCENTIVAR A PROFESIONALES Y EMPRESAS PARA PRIORIZAR DISEÑOS, MATERIALES, EQUIPOS Y PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN BAJOS EN CARBONO, Y ESTABLECER ESTÁNDARES DE FINANCIACIÓN VERDE PARA EXPANDIR LA INVERSIÓN

Objetivo:

Impulsar la creciente demanda por la descarbonización y la disposición a pagar por parte de los compradores y usuarios para hacer de las inversiones verdes la norma

Ofrecer acceso a capital como un incentivo para motivar a quienes desean ser los primeros en mejorar los estándares mínimos de descarbonización más allá de la normativa

Adoptar ¿Quién?

CAMBIO DE ACTITUD

CONOCER EL PAPEL DE LOS STAKEHOLDERS Y LAS COMPETENCIAS REQUERIDAS



Facilidad para tomar decisiones, claridad en los roles y responsabilidades, y alineación de prioridades de todos los agentes de la cadena de valor

04

DESARROLLAR TALENTO Y AUMENTAR EL INTERCAMBIO DE CONOCIMIENTO EN TODOS LOS ESLABONES DE LA CADENA DE VALOR

Objetivo:

Incrementar las capacidades del sector para suplir nuevas habilidades que están surgiendo a medida que se va avanzando en el proceso de descarbonización del sector.

Fomentar los perfiles tecnológicos, investigadores y de sostenibilidad. Impulsar una cultura de innovación continua que permita al sector no solo adaptarse a las nuevas regulaciones ambientales, sino también liderar en la implementación de prácticas de construcción sostenible.

Además, se busca fortalecer las conexiones entre las instituciones académicas y la industria, para asegurar una transferencia fluida de conocimientos y tecnologías actualizadas.

05

FOMENTAR EL PENSAMIENTO SISTÉMICO PARA LOGRAR UNA COLABORACIÓN INTEGRAL ENTRE LOS STAKEHOLDERS, INCLUYENDO ALIANZAS PÚBLICO-PRIVADAS

Objetivo:

Mejorar la colaboración a lo largo del ciclo de vida de los proyectos fomentando la colaboración en todos los eslabones. Combinado con otras herramientas metodológicas, permitiría mejores mecanismos para tomar decisiones de cara a la reducción de emisiones de conocimientos y tecnologías actualizadas.

Actuar ¿Cómo? ¿Cuándo?

MARCO DE IMPLEMENTACIÓN

DESCARBONIZAR PROGRESIVAMENTE EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN TODA SU CADENA DE VALOR



Definiciones consistentes, datos, metodologías, estrategias y herramientas para obtener resultados sólidos y comparables

06

ADOPTAR ESTRATEGIAS PARA IMPULSAR LA CIRCULARIDAD

Objetivo:

La circularidad minimiza el impacto ambiental y reduce las emisiones de carbono en todo su ciclo de vida. Transformar el sector lineal de la construcción en un sector circular para crear un mercado local sólido de materias primas secundarias

07

PROMOVER EL MARCO SER: SUFICIENCIA, EFICIENCIA Y LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Objetivo:

Las políticas de suficiencia abordan las causas de los impactos ambientales de las actividades humanas al evitar la demanda de servicios energéticos y sus materiales relacionados. La eficiencia, que aborda los síntomas de los impactos ambientales de las actividades humanas mediante la reducción del consumo de energía en la fase de uso, y (3) las fuentes renovables, que abordan las consecuencias de los impactos ambientales de las actividades humanas mediante la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.



Coincidencia en la viabilidad técnica y comercial de materiales alternativos y tecnologías con menores emisiones

08

**DESARROLLAR
TECNOLOGÍAS DIGITALES
Y AUTOMATIZACIÓN PARA
TODOS LOS ESLABONES DE
LA CADENA DE VALOR**

Objetivo:

Las herramientas digitales, como los calculadores de Análisis de Ciclo de Vida (OpenLCA), los Modelos de Información de Construcción (BIM) y las plataformas de Internet de las Cosas (IoT), pueden permitir una mayor precisión durante la planificación y ejecución. Las herramientas de ingeniería avanzadas también pueden permitir satisfacer necesidades estructurales más complejas.

09

**MEJORAR LOS PROCESOS
DE PRODUCCIÓN
DE LOS MATERIALES
DE CONSTRUCCIÓN
CONVENCIONALES**

Objetivo:

Descarbonizar el proceso de producción d materiales como el cemento, el hormigón, el acero., el vidrio, el asfalto y otros materiales masivamente utilizados en la construcción tradicional

10

**INVERTIR EN TECNOLOGÍAS
QUE FACILITEN EL
DESARROLLO DE MATERIALES
RECICLADOS Y NUEVOS
MATERIALES CON BAJA
EMISIÓN DE CARBONO**

Objetivo:

El desarrollo de materiales alternativos, la ampliación de los existentes y la circularidad a través de la gestión de residuos y la reutilización permitirán la sustitución del acero y el cemento en el sector, reduciendo las emisiones globales.normativa

Figura 9. Decálogo de medidas para la descarbonización del sector de la construcción en Gipuzkoa.

Fuente: Elaboración propia.

APRENDER: AUMENTAR LA DEMANDA Y FACILITAR LA ADOPCIÓN PRODUCTOS Y PROCESOS BAJOS EN CARBONO

Para que haya una implementación efectiva de proyectos, productos y procesos descarbonizados, es crucial un aumento de la demanda por parte de clientes y usuarios finales. No obstante, en la CAPV en general, y en Gipuzkoa en particular, persisten numerosas barreras que dificultan este aumento de la demanda y, consecuentemente, el incremento de la oferta. Para abordar estos desafíos, se necesitan medidas sociales, regulatorias y económico-financieras que incrementen la presión e incentivos necesarios para motivar a todos los agentes involucrados hacia la descarbonización.

En este apartado, se presentan una serie de estrategias y recomendaciones diseñadas para incrementar la demanda de productos y procesos descarbonizados, facilitando así su adopción en toda la cadena de valor.

01 SENSIBILIZAR Y FORMAR A TODO EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN SOBRE LAS EMISIONES EN TODO EL CICLO DE VIDA, ESPECIALMENTE LAS DE CARBONO EMBEBIDO

Aunque el carbono embebido está ganando relevancia en el diseño de la construcción en la UE, su adopción sigue siendo limitada. Es crucial aumentar la conciencia sobre este concepto en la sociedad e industria, estableciendo una terminología unificada y desarrollando herramientas de formación para que todos los actores comprendan su impacto ambiental y las oportunidades de mitigación.

También es fundamental demostrar la demanda y disposición a pagar por soluciones bajas en carbono, y establecer incentivos que motiven a descarbonizar. La administración pública y las grandes empresas tienen un papel clave: la administración debe asegurar que sus políticas sean conocidas y adoptadas, mientras que las grandes empresas pueden liderar el cambio al promover tecnologías y prácticas sostenibles en sus operaciones y cadenas de suministro.

OPORTUNIDADES PARA AUMENTAR LA PRESIÓN E INCENTIVOS QUE GENEREN EN TODOS LOS AGENTES DE LA CADENA DE VALOR MOTIVACIÓN PARA DESCARBONIZAR

1 Promover la eficiencia energética y la reducción del carbono:

- A. Desarrollar iniciativas de sensibilización y comunicación para facilitar la expansión de conocimientos sobre descarbonización en el sector de la construcción.
- B. Establecer un lenguaje común. Definir y unificar términos relacionados con el carbono equivalente, especialmente el carbono embebido en el sector de la construcción.
- C. Desarrollar herramientas de evaluación estandarizadas. Crear metodologías y herramientas para medir y reducir la huella de carbono en proyectos nuevos y de rehabilitación.
- D. Implementar indicadores de seguimiento estandarizados y alineados con trabajos e indicadores de Ihobe en el ámbito de la descarbonización. Establecer indicadores digitales y regionales para monitorear el carbono embebido en proyectos de diferentes tipologías y tamaños.
- E. Comunicar beneficios y costes. Informar abiertamente sobre los beneficios y costes de las oportunidades de reducción de carbono durante todo el ciclo de vida de los proyectos.
- F. Publicar guías accesibles y fomentar la actualización de las ya existentes. Crear y actualizar guías de construcción y rehabilitación sostenible para diferentes tipos de edificios e infraestructuras, en un lenguaje comprensible para todos.

2 Aumentar la capacitación y sensibilización:

- A. Capacitar a todos los niveles organizativos. Ofrecer formación continua sobre prácticas de descarbonización para asegurar un apoyo integral a los objetivos de sostenibilidad.
- B. Formar a la administración pública y agentes privados. Proveer educación en metodologías de análisis de ciclo de vida (ACV) y declaraciones ambientales de producto (DAP) para su implementación en procesos de contratación pública.
- C. Sensibilizar a todos los stakeholders. Reconocer e impulsar el papel de la administración pública en la promoción de mejores prácticas en el sector.

3 Fomentar la colaboración y participación:

- A. Crear entornos colaborativos. Facilitar la cooperación entre diversos actores para compartir mejores prácticas y abordar desafíos comunes a lo largo del ciclo de vida de los proyectos.
- B. Involucrar a la ciudadanía. Incluir a las asociaciones ciudadanas y líderes vecinales en el diseño de planes específicos para cada área de intervención.
- C. Establecer plataformas comunes. Crear una plataforma para filtrar compromisos normativos y conectar a actores de la cadena de valor con intereses complementarios.
- D. Forjar alianzas estratégicas. Promover la colaboración entre contratistas, equipos de arquitectura, ingeniería y proveedores de materiales para acelerar la descarbonización.
- E. Facilitar el aprendizaje entre adoptantes. Crear coaliciones de empresas con intereses afines para que los primeros adoptantes puedan aprender unos de otros.

4 Optimizar el uso de datos y seguimiento:

- A. Potenciar el uso de datos ambientales comunes. Crear un enfoque estandarizado para recopilar y utilizar datos que permitan comparar diseños, evaluar el rendimiento y tomar decisiones informadas.
- B. Crear bases de datos regionales para recopilar y actualizar las mejores soluciones con indicadores concretos.
- C. Incentivar la selección de materiales. Desarrollar herramientas financieras y metodológicas que promuevan la elección de materiales de bajo carbono, considerando la energía y los costes de amortización.
- D. Monitorizar el uso de energía. Implementar sistemas para el seguimiento continuo del uso energético en los proyectos

5 Divulgar la innovación y los casos de éxito:

- A. Promover proyectos piloto. Difundir los proyectos más innovadores en términos de baja huella de carbono y sostenibilidad, especialmente en edificios públicos como escuelas y bibliotecas.

6 Ofrecer asesoría y apoyo ciudadano:

- A. Establecer One-Stop Shops. Crear oficinas de descarbonización y energía que informen y acompañen a los ciudadanos en los procesos de descarbonización, brindando apoyo y asesoría personalizada.

02 ADOPTAR REGULACIÓN Y MECANISMOS PÚBLICOS PARA ESTIMULAR PROGRESIVAMENTE LA DEMANDA DE ACTIVOS NET-ZERO

La falta de incentivos, la descoordinación entre regulaciones de subsectores clave, como el hormigón y el acero, y la persistencia de estándares obsoletos dificultan la implementación de prácticas sostenibles a lo largo de toda la cadena de valor.

El éxito de las iniciativas sostenibles dependerá de la capacidad para integrar medidas que aborden tanto la reducción de emisiones como la equidad social, transformando el sector de la construcción en un pilar central de la transición hacia una economía más sostenible e inclusiva.

OPORTUNIDADES PARA REGULAR, PLANIFICAR E IMPULSAR POLÍTICAS E INCENTIVOS SÓLIDOS EN MATERIA DE DESCARBONIZACIÓN

1 Cuantificar y seguir el impacto del carbono:

- A. Cuantificar emisiones de carbono embebidas. Medir las emisiones de todas las tipologías de proyectos para identificar las principales líneas de actuación para su reducción.
- B. Implementar indicadores de seguimiento. Establecer indicadores de seguimiento del carbono embebido para todas las tipologías y tamaños de proyecto, permitiendo una evaluación continua y precisa.
- C. Exigir estudios de ACV. Requerir la realización de estudios de ACV completos durante el proceso de diseño, asegurando un enfoque integral y específico en la evaluación del impacto ambiental.
- D. Incluir objetivos de reducción de emisiones. Incorporar metas de reducción de emisiones en todo el ciclo de vida de proyectos de edificación e infraestructuras en las estrategias y planes municipales para garantizar la sostenibilidad a largo plazo.
- E. Utilizar el indicador de Coste de Ciclo de Vida (CCV). Evaluar soluciones de descarbonización en términos económicos a largo plazo mediante el CCV, asegurando decisiones informadas y eficientes.
- F. Aplicar normativa e instrumentos europeos. Utilizar el Fondo Social para el Clima y la Directiva de Eficiencia Energética de los Edificios (EPBD) para apoyar a personas y empresas afectadas, promoviendo la eficiencia energética entre los más vulnerables.
- G. Alinear planes de descarbonización con medidas sociales. Asegurar una transición justa hacia una economía baja en carbono, protegiendo a los colectivos más vulnerables mediante políticas inclusivas.
- H. Incluir evaluaciones detalladas de huella de carbono. Incorporar análisis sobre la huella de carbono y el impacto en el cambio climático en las Evaluaciones de Impacto Ambiental (EIA) de proyectos de construcción, promoviendo la transparencia y la sostenibilidad.
- I. Calcular y reportar la huella de carbono. Requerir a todas las empresas y organizaciones del sector que calculen y reporten su huella de carbono (alcances 1, 2 y 3) para fomentar la responsabilidad ambiental.
- J. Incentivar el cálculo de la huella de carbono de producto. Fomentar el cálculo de la huella de carbono de producto desde la producción hasta su disposición final (enfoque de la cuna a la puerta, cradle to gate en inglés, y de la cuna a la tumba, cradle to grave en inglés) para promover prácticas sostenibles.

2 Establecer regulaciones y políticas de sostenibilidad:

- A. Exigir criterios de sostenibilidad en licitaciones públicas. Recomendar la inclusión de métricas de rendimiento basadas en principios circulares en la adquisición pública, promoviendo prácticas sostenibles.
- B. Priorizar empresas con certificaciones de calidad ambiental. Seleccionar empresas certificadas para el diseño y ejecución de proyectos, garantizando la calidad ambiental.
- C. Requerir la reducción del contenido de cemento. Exigir la disminución del cemento en mezclas de hormigón, sustituyéndolo por materiales cementantes suplementarios (SCMs) u otros para reducir las emisiones.
- D. Establecer porcentajes mínimos de reutilización. Requerir la reutilización de un mínimo del 45% de la estructura y el cerramiento en proyectos de rehabilitación, fomentando la economía circular.
- E. Obligar a presentar DAPs. Exigir DAPs para materiales clave de construcción para obtener la licencia de obra, promoviendo la transparencia y sostenibilidad.
- F. Establecer límites máximos de emisiones. Fijar límites de CO₂e por unidad de volumen para materiales específicos y por unidad de superficie para edificios e infraestructuras, asegurando un control estricto de las emisiones.
- G. Incorporar criterios de adaptación y mitigación climática. Integrar estos criterios en la normativa urbanística y revisar las políticas de planeamiento urbano para promover espacios verdes e infraestructuras descarbonizadas.
- H. Implementar un marco legal para la economía circular. Impulsar la adopción de principios circulares en los procesos de contratación pública, promoviendo la sostenibilidad a largo plazo.
- I. Seguir impulsando políticas de descarbonización a nivel regional. Establecer políticas claras en Gipuzkoa que abarquen toda la cadena de valor de la construcción, promoviendo un enfoque integral.

3 Proveer apoyo y capacitación:

- A. Formar en sostenibilidad y huella de carbono. Exigir a las empresas del sector que informen públicamente sobre su desempeño en sostenibilidad y reducción de la huella de carbono, fomentando la transparencia y la responsabilidad.
- B. Promover la adquisición de materiales sostenibles. Fomentar o exigir la compra de materiales y servicios sostenibles en proyectos de construcción pública, apoyando prácticas responsables.
- C. Incentivar el uso de materiales alternativos. Implementar regulaciones para impulsar el uso de materiales bajos en carbono y componentes bio-basados, promoviendo la innovación en el sector.
- D. Adelantar la transposición de la EPBD. Promover el avance hacia edificios de “cero emisiones netas”, considerando tanto el carbono operacional como el embebido, anticipando regulaciones futuras.
- E. Capacitar y financiar la investigación y desarrollo (I+D): Proveer financiación pública para I+D en materiales sostenibles y tecnologías de reducción de carbono, accesible a pymes, fomentando la innovación y el desarrollo.

4 Crear incentivos y reconocimientos

- A. Establecer incentivos fiscales para la construcción sostenible. Ofrecer deducciones o créditos impositivos para proyectos que utilicen tecnologías limpias y materiales de bajo impacto ambiental, promoviendo prácticas sostenibles.
- B. Generar incentivos fiscales para la reutilización de materiales. Fomentar la reutilización de materiales y prevenir que los recursos terminen en vertederos o incineradoras, apoyando la economía circular.
- C. Reducir la diferencia de costes entre tecnologías. Implementar políticas que disminuyan la brecha de costes entre tecnologías tradicionales y soluciones de baja emisión de carbono, promoviendo la adopción de prácticas sostenibles.
- D. Otorgar premios y subvenciones. Reconocer a empresas y profesionales que desarrollen soluciones innovadoras y efectivas para la descarbonización, incentivando la excelencia.
- E. Alinear proyectos con la taxonomía de la UE. Garantizar que los proyectos cumplan con los criterios de la UE para inversiones sostenibles, promoviendo la coherencia y el cumplimiento normativo.

5 Garantizar transparencia y responsabilidad

- A. Luchar contra el greenwashing. Promover la transparencia y responsabilidad en la industria de la construcción, exigiendo que los productos y materiales cumplan con estándares ambientales, evitando prácticas engañosas.
- B. Establecer espacios para la economía circular. Reservar áreas en los planes urbanísticos para actividades de almacenamiento, intercambio y procesamiento de instalaciones relacionadas con la economía circular, fomentando la sostenibilidad.

03 INCENTIVAR A PROFESIONALES Y EMPRESAS PARA PRIORIZAR DISEÑOS, MATERIALES, EQUIPOS Y PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN BAJOS EN CARBONO, Y ESTABLECER ESTÁNDARES DE FINANCIACIÓN VERDE PARA EXPANDIR LA INVERSIÓN

La falta de conocimiento sobre el ciclo de vida completo de los activos dificulta la creación de valor económico. Por eso, es crucial desarrollar nuevos instrumentos financieros que impulsen la descarbonización. Necesitamos fomentar la demanda y la disposición a pagar por productos de bajo impacto en carbono, coordinando las necesidades de compradores y usuarios para fortalecer su capacidad de negociación.

Además, para una transición efectiva, debemos identificar y gestionar los riesgos de pasar a un modelo descarbonizado, y hacerles frente con un enfoque completo que combine subvenciones, préstamos, financiación mixta, bonos y fondos climáticos, además de aprovechar las normas urbanísticas. Esto ayudará a enfrentar los retos de la eficiencia energética y la inclusión social de manera avanzada.

OPORTUNIDADES PARA GENERAR ESTÁNDARES DE FINANCIACIÓN SOSTENIBLE Y REGENERATIVA QUE PERMITAN AMPLIAR LA INVERSIÓN EN PRODUCTOS Y ACTIVOS ENFOCADOS EN LA DESCARBONIZACIÓN EN TODO SU CICLO DE VIDA

1 Establecer un grupo de expertos y esquemas de financiación:

- A. Crear un grupo de expertos en financiación y análisis económico. Establecer un equipo especializado en Gipuzkoa para enfocarse en las emisiones en todo el ciclo de vida de los productos del sector de la construcción.
- B. Implementar incentivos fiscales y financieros. Desarrollar esquemas de incentivos fiscales, subvenciones, bonos verdes y préstamos específicos para proyectos de eficiencia energética y construcción sostenible, asegurando criterios mínimos de carbono incorporado antes de proporcionar un préstamo.
- C. Fomentar acuerdos de compra de energía renovable (PPAs). Promover contratos a largo plazo para la compra de energía renovable, asegurando un suministro energético sostenible y estable para los proyectos de construcción.
- D. Ofrecer deducciones o créditos fiscales. Proveer beneficios fiscales para proyectos que utilicen tecnologías limpias y materiales de bajo impacto ambiental.
- E. Reducir las tasas de interés. Ofrecer tasas de interés más bajas para proyectos que cumplan con estándares estrictos de emisiones de carbono, incentivando la adopción de prácticas sostenibles.
- F. Eximir de impuestos a proyectos sostenibles. Exonerar de impuestos a proyectos y empresas que cumplan con altos estándares de eficiencia energética y bajas emisiones de carbono, fomentando el desarrollo de iniciativas sostenibles.

2 Proveer apoyo financiero y capacitación:

- A. Apoyar financieramente la capacitación. Proveer fondos para la formación y transición hacia modelos de negocio circulares y de descarbonización en empresas locales.
- B. Desarrollar estándares de financiación verde. Crear criterios claros y transparentes de tasación alineados con estándares internacionales para apoyar la financiación de propiedades sostenibles.
- C. Extender beneficios financieros a emisiones embebidas. Ampliar los incentivos financieros para cubrir los gastos generados mediante la aplicación de medidas para reducir las emisiones embebidas en la producción de materiales de construcción, promoviendo una cadena de suministro sostenible.
- D. Limitar la financiación para proyectos no sostenibles. Restringir el acceso a financiación para proyectos que no cumplan con los estándares mínimos de emisiones, incentivando la adopción de prácticas ecológicas.
- E. Proporcionar incentivos para renovación de maquinaria. Ofrecer beneficios para la actualización de equipos de obra a tecnologías más limpias como vehículos eléctricos, híbridos o con biocombustibles.
- F. Adaptar la fiscalidad local. Ofrecer reducciones de impuestos locales (IBI, ICIO, IAE) para edificaciones con bajo impacto ambiental en todo su ciclo de vida.

3 Vincular el acceso a capital con estándares de sostenibilidad:

- A. Incentivar estándares mínimos de sostenibilidad. Vincular el acceso a financiamiento con el cumplimiento de estándares ambientales, incentivando a las empresas a adoptar prácticas de construcción sostenibles.
- B. Implementar herramientas financieras innovadoras. Desarrollar herramientas basadas en principios de suficiencia y circularidad, promoviendo modelos de negocio sostenibles y adaptativos.

4 Facilitar la financiación de proyectos sostenibles:

- A. Cesión de uso para cooperativas. Fomentar la vivienda asequible mediante la cesión del derecho de uso de terrenos o edificios públicos a cooperativas, eliminando la especulación inmobiliaria.
- B. Bonus de espacio residencial mediante oficinas ventanilla única. Incentivar la construcción de viviendas adaptadas a las necesidades cambiantes de los hogares, agilizando trámites administrativos.
- C. Desarrollar Green Neighbourhoods as a Service (GNaaS). Crear vecindarios sostenibles mediante modelos de rehabilitación integral, financiados a largo plazo y gestionados por entidades centrales.
- D. Ofrecer exenciones de impuestos para viviendas multifamiliares. Proveer exenciones de impuestos a la propiedad por 8 a 12 años para la construcción o rehabilitación de viviendas multifamiliares, con requisitos de asequibilidad.
- E. Implementar impuestos de propiedad progresivos. Introducir impuestos basados en el consumo energético por persona, incentivando la eficiencia y penalizando el consumo excesivo.
- F. Ofrecer hipotecas Build to Rent basadas en criterios ESG. Proveer hipotecas con tasas de interés reducidas para proyectos que cumplan con criterios ambientales, sociales y de gobernanza.
- G. Facilitar financiación para la economía verde (conocido como Green Economy Financing Facility, GEFF). Proveer líneas de crédito del Banco Europeo de Inversiones para proyectos verdes, complementadas con asistencia técnica y subvenciones.
- H. Permitir hipotecas sostenibles. Permitir que los bancos ofrezcan hipotecas que cubran más del 80% del valor de viviendas eficientes y sostenibles.
- I. Emitir bonos climáticos locales. Financiar proyectos de descarbonización mediante la emisión de bonos municipales, promoviendo la inversión local.
- J. Implementar esquemas de financiación on-bill. Facilitar la financiación de mejoras energéticas mediante pagos a través de la factura de servicios públicos.
- K. Programa PACE (Property Assessed Clean Energy). Permitir a propietarios financiar mejoras energéticas mediante evaluaciones vinculadas a la propiedad.
- L. Establecer políticas catalizadoras de edificios de cero emisiones: Flexibilizar regulaciones urbanísticas para facilitar la construcción y rehabilitación de edificios con cero emisiones netas.
- M. Valorar edificios circulares. Crear contratos de futuros que capturen el valor de los materiales recuperables, incentivando la reutilización.
- N. Acreditar estándares de alta calidad ambiental (Por sus siglas en inglés, Environmental High Quality Standard Accreditation). Establecer estándares europeos para edificios y productos, incentivando su cumplimiento con exenciones fiscales.
- O. Promover edificios adaptables. Fomentar el diseño de edificios que puedan renovarse para diferentes usos, utilizando modelos de asociación de inversión.
- P. Listar espacios flexibles: Utilizar plataformas en línea para listar espacios subutilizados, promoviendo su uso a corto plazo.
- Q. Servitizar partes del edificio (en inglés: Building Parts as a Service; BPaaS). Implementar modelos de negocio basados en servicios para componentes de edificios, incentivando la durabilidad.
- R. Fomentar contratos de rendimiento energético. Promover contratos que garanticen ahorros energéticos y modelos de negocio que ofrezcan servicios energéticos integrales.
- S. Establecer acuerdos de servicio energético. Crear contratos entre inversores y propietarios para entregar ahorros energéticos como servicio.
- T. Facilitar renovación energética. Promover renovaciones integrales financiadas mediante ahorros futuros de energía.
- U. Utilizar tecnología blockchain. Aplicar blockchain para mejorar la transparencia y trazabilidad en la gestión de carbono y materiales de construcción.
- V. Implementar la energía como un servicio. Ofrecer proyectos de eficiencia energética sin necesidad de desembolsos iniciales, ayudando a superar barreras financieras.

ADOPTAR: BEHAVIOURAL CHANGE: CONOCER EL PAPEL DE LOS STAKEHOLDERS Y LAS COMPETENCIAS REQUERIDAS

La transformación de comportamientos dentro del sector o de una organización es un proceso complejo que involucra a múltiples stakeholders y las competencias requeridas por los mismos, por lo que debe existir claridad en los roles y responsabilidades de cada miembro de la organización (Davies et al., 2017) para facilitar la toma de decisiones y la alineación de prioridades para los grupos de interés clave.

La capacidad de los líderes y equipos para evaluar situaciones, considerar opciones y ejecutar decisiones con agilidad permite que la organización responda adecuadamente a los desafíos y oportunidades emergentes, manteniendo el impulso hacia el cambio deseado.

Este apartado explora en profundidad cada uno de estos aspectos, proporcionando un marco teórico y práctico para entender cómo los stakeholders y sus competencias pueden influir en el éxito de los programas de cambio conductual.

04

DESARROLLAR TALENTO Y AUMENTAR EL INTERCAMBIO DE CONOCIMIENTOS EN TODOS LOS ESLABONES DE LA CADENA DE VALOR

La industria de la construcción enfrenta una escasez crítica de talento y personal cualificado. Para abordar esta problemática, es esencial incrementar las capacidades del sector mediante el desarrollo de nuevas habilidades que surgen en el proceso de descarbonización.

Para alcanzar este objetivo, es esencial implementar programas de capacitación y desarrollo continuo, así como crear redes de intercambio de conocimientos, manteniendo a los y las profesionales al día con las últimas tendencias en sostenibilidad y tecnología. Adicionalmente, fortalecer la colaboración entre instituciones académicas y la industria es fundamental.

OPORTUNIDADES PARA FOMENTAR EL DESARROLLO DE TALENTO Y AUMENTAR LA DIFUSIÓN DE CONOCIMIENTOS EN EL SECTOR

1 Diseñar programas de formación continua:

- A. Implementar programas de formación continua. Capacitar a profesionales del sector en las últimas innovaciones y prácticas sostenibles mediante programas educativos actualizados.
- B. Actualizar competencias de la fuerza laboral. Adaptar las habilidades de los trabajadores a nuevas tecnologías y metodologías sostenibles para mantenerse al día con las demandas del mercado.
- C. Desarrollar tecnologías y métodos de trabajo innovadores. Fomentar la creación y adopción de tecnologías avanzadas que promuevan la sostenibilidad en el sector.

2 Crear redes de conocimiento sectorial:

- A. Facilitar el intercambio de información y experiencias. Crear redes de conocimiento que conecten a profesionales, académicos y expertos para compartir prácticas sostenibles.
- B. Organizar foros y conferencias. Presentar avances en sostenibilidad y permitir el intercambio de conocimientos sobre nuevas tecnologías y estudios de caso mediante eventos sectoriales.
- C. Desarrollar bases de datos y repositorios digitales. Crear recursos de acceso abierto con información educativa, investigaciones y mejores prácticas en sostenibilidad.

3 Establecer programas de mentoría y prácticas:

- A. Seguir desarrollando programas de mentorías y prácticas. Ofrecer oportunidades en empresas, universidades y centros de formación para que estudiantes y profesionales adquieran experiencia en proyectos sostenibles.
- B. Fomentar alianzas educativas e industriales. Colaborar con instituciones educativas y la industria para desarrollar currículos alineados con las necesidades del mercado y metas de sostenibilidad.

4 Implementar sistemas de reconocimiento y certificación:

- A. Establecer sistemas de reconocimiento y certificación. Certificar competencias en sostenibilidad para profesionales del sector, garantizando que poseen los conocimientos y habilidades necesarios.
- B. Promover el intercambio internacional de profesionales. Facilitar la movilidad y el intercambio de experiencias y prácticas sostenibles en diferentes contextos a nivel global.

5 Atraer y retener talento en el sector:

- A. Implementar políticas de incentivos. Atraer talento mediante beneficios fiscales, educativos, de salud y vivienda, haciendo del sector una opción atractiva para profesionales.
- B. Invertir en formación y capacitación. Proveer recursos para que los trabajadores adquieran habilidades necesarias para operar nuevos equipos y utilizar soluciones sostenibles.

6 Fomentar la colaboración entre gobierno y sector privado:

- A. Establecer programas de desarrollo de talento. Colaborar entre gobierno y sector privado para crear iniciativas que desarrollen el talento necesario en el sector de la construcción sostenible.

05

FOMENTAR EL PENSAMIENTO SISTÉMICO PARA LOGRAR UNA COLABORACIÓN INTEGRAL ENTRE LOS STAKEHOLDERS, INCLUYENDO ALIANZAS PÚBLICO-PRIVADAS

El pensamiento sistémico entre los stakeholders de la cadena de valor de la construcción es esencial para descarbonizar el sector. Tradicionalmente, este sector se ha caracterizado por una gestión de proyectos atomizada, carente de una visión transversal y una alineación de prioridades entre proyectos.

Actualmente existen alternativas para incluir innovaciones sistémicas en el sector de la construcción, en las que se resuelven múltiples desafíos simultáneamente. El desarrollo de estos sistemas requiere que múltiples profesionales existentes, incluidos profesionales de la arquitectura, ingeniería, especialistas en producción y las personas propietarias, trabajen de manera colaborativa durante un período prolongado.

Estos modelos alinean las prioridades a lo largo de la cadena de valor y fomentan la consideración de reducción y compensación de emisiones a lo largo de la vida útil del proyecto mediante la integración de herramientas como el ACV.

La toma de decisiones más colaborativa a lo largo de la cadena de valor de la construcción también mejorará la adopción de nuevas tecnologías. La colaboración y las asociaciones público-privadas permitirán el intercambio tanto de conocimiento como de riesgos, fomentando una mayor escala y compromiso a largo plazo en la adopción de soluciones de descarbonización.

OPORTUNIDADES PARA FOMENTAR EL PENSAMIENTO SISTÉMICO E IMPULSAR LAS COLABORACIONES A LO LARGO DE TODA LA CADENA DE VALOR

1 Estandarizar metodologías y marcos de cálculo:

- A. Estandarizar metodologías, modelos y marcos de cálculo y reducción de emisiones, unificando bases de datos a nivel provincial. Facilita la comparación y seguimiento del progreso, y promueve la transparencia en la medición de emisiones.
- B. Utilizar el ACV para tomar decisiones más integrales en torno a la reducción de las emisiones de carbono en la construcción. Permite evaluar el impacto ambiental de un producto o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final.
- C. Optar por implementar el contrato colaborativo IPD, industrializar procesos, aplicar metodología BIM y filosofía Lean Construction desde el inicio del planteamiento de viabilidad. Promueve la eficiencia y la colaboración entre los diferentes actores de la construcción para reducir los residuos y optimizar los recursos.

2 Fomentar la colaboración sectorial:

- A. Fomentar la colaboración sectorial incorporando a todos los stakeholders desde la fase de promoción del proyecto. Asegura que las necesidades y perspectivas de todos los actores relevantes sean consideradas desde el principio.
- B. Crear espacios de encuentro y colaboración a nivel local y territorial para facilitar la participación de los agentes de la cadena de valor. Estimula la colaboración y el intercambio de conocimientos entre los diferentes actores del sector.
- C. Aprender de la experiencia de los casos de éxito de otras ciudades más avanzadas en el ámbito nacional e internacional a través de plataformas como C40, el Pacto de los Alcaldes, Carbon Neutral Cities Alliance (CNCA), citiES 2030 o la FEMP. Facilita el aprendizaje y la adopción de mejores prácticas de otras ciudades que han logrado avances en la descarbonización.
- D. Implementar plataformas de colaboración en la nube para facilitar el trabajo conjunto en tiempo real. Mejora la comunicación y el intercambio de información entre los equipos, lo que puede acelerar los procesos y reducir los errores.
- E. Crear grupos de trabajo de múltiples partes interesadas y fomentar la colaboración en toda la cadena de valor. Fomenta la innovación y la búsqueda de soluciones conjuntas para los desafíos de la descarbonización.
- F. Involucrar tempranamente a los contratistas (ECI) en los proyectos. Combina aspectos metodológicos (involucramiento temprano) y sociales (colaboración con contratistas).

3 Implementar nuevos modelos de contratación y políticas:

- A. Implementar nuevos modelos de contratación como "Diseñar y construir" (D&B, por sus siglas en inglés) y "Diseñar, construir, finanzas, mantener y operar" (DBFMO) para alinear prioridades y fomentar la descarbonización. Fomenta la colaboración y la alineación de intereses entre los diferentes actores de la construcción para lograr objetivos de descarbonización.
- B. Adoptar políticas que estimulen la demanda de activos bajos en carbono y cero emisiones. Incentiva la inversión en proyectos de construcción sostenibles al crear un mercado para edificios e infraestructuras de bajas emisiones.
- C. Adoptar modelos de contrato más integrales y establecer asociaciones público-privadas para mejorar la colaboración. Combina aspectos metodológicos (nuevos modelos de contrato) y económicos (asociaciones público-privadas).
- D. Integrar a los actores de la cadena de suministro y de la administración pública de manera más efectiva, adoptando contratos flexibles. Combina aspectos metodológicos (contratos flexibles) y sociales (integración de actores).

4 Involucrar a la ciudadanía y fomentar la participación:

- A. Involucrar a los ciudadanos en el proceso de toma de decisiones para asegurar que las políticas se alineen con sus necesidades. Fomenta la participación ciudadana y la transparencia en la toma de decisiones.
- B. Conocer e impulsar el ecosistema local de profesionales, industria y empresas para la rehabilitación y construcción sostenibles. Combina aspectos sociales (fomento de la colaboración) y económicos (impulso del desarrollo local).

5 Crear equipos y seleccionar empresas adecuadas:

- A. Crear una entidad o equipo interdepartamental para liderar la descarbonización y asegurar el cumplimiento de los objetivos. Combina aspectos regulatorios (cumplimiento de objetivos) y metodológicos (creación de un equipo interdepartamental).
- B. Seleccionar empresas con sistemas de calidad ambiental para el diseño y la ejecución de obras. Combina aspectos regulatorios (sistemas de calidad ambiental) y económicos (selección de empresas).

6 Adherirse a clústeres y alianzas:

- A. Adherirse al Net-Zero Basque Industrial SuperCluster para acelerar la descarbonización del consumo energético en la industria vasca. Combina aspectos tecnológicos (adopción de tecnologías de descarbonización) y económicos (participación en un clúster industrial).

ACTUAR: MARCO DE IMPLEMENTACIÓN: DESCARBONIZAR PROGRESIVAMENTE EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN TODA SU CADENA DE VALOR

La descarbonización efectiva del sector de la construcción requiere un marco de implementación robusto basado en definiciones, datos, metodologías y herramientas estandarizadas que permitan una transición eficiente hacia prácticas sostenibles. Para ello, ante la ausencia de normativas claras y la resistencia a la adopción de tecnologías emergentes, la economía circular será una práctica clave, ya que está centrada en la reducción de residuos, la reutilización de productos y la regeneración de la naturaleza mediante la cumplimentación de medidas centradas en la eficiencia en el diseño y la ejecución de proyectos, la digitalización y la automatización, la selección de materiales con menor huella de carbono.

Esta última medida enfrenta desafíos tecnoeconómicos, como la necesidad de grandes inversiones y la disponibilidad limitada de sustitutos de materias primas. Además, la falta de infraestructura adecuada para la captura y almacenamiento de carbono (CAC) y la producción de combustibles alternativos limitan el avance hacia una economía circular.

En este apartado, se detallarán estrategias y recomendaciones para fomentar la implementación de prácticas circulares, promover el marco SER (Suficiencia, Eficiencia y Renovables) y desarrollar tecnologías de automatización en todos los eslabones del sector. Se prestará especial atención a la innovación en los materiales, tanto los convencionales como los nuevos con menor impacto negativo.

06

ADOPTAR ESTRATEGIAS PARA IMPULSAR LA CIRCULARIDAD EN TODOS LOS ESLABONES DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

Transformar la construcción en línea con los principios circulares tiene el potencial de reducir las emisiones de CO₂e en un 84% y el consumo de materiales en un 25% para 2050 (Circular Building Coalition, 2024).

El principal objetivo, a corto y medio plazo, de estas medidas que se muestran a continuación es el de transformar el sector lineal de la construcción en un sector circular para crear un mercado local sólido de materias primas secundarias. Por ello, las medidas deben centrarse en la extensión de los ciclos de vida de los productos, lo cual es un pilar fundamental de la construcción circular. Sin embargo, varios desafíos obstaculizan este objetivo. Una de las principales barreras es la falta de estandarización en los procesos y la gestión de datos, lo que dificulta la consistencia en el seguimiento y administración de recursos. Esta carencia afecta también la educación del consumidor, el etiquetado de productos y la gestión de residuos, impidiendo que los consumidores tomen decisiones informadas y participen activamente en prácticas circulares (Comisión Europea, 2024).

Además, aunque las prácticas de compra verde y los esquemas de Responsabilidad Ampliada del Productor representan puntos de partida esenciales, la ausencia de directrices y criterios estandarizados presenta desafíos tanto para compradores como para proveedores. La falta de criterios claramente definidos para productos de larga vida útil complica aún más el desarrollo de modelos de negocio circulares (Comisión Europea, 2024).

LAS 10 RS

<i>Rehusar</i> (<i>refuse</i>)	<i>Reducir</i> (<i>reduce</i>)	<i>Rediseñar</i> (<i>redesign</i>)	<i>Reutilizar</i> (<i>reuse</i>)	<i>Reparar</i> (<i>repair</i>)
Prevenir el uso de materias primas	Disminuir el uso de materias primas	Remodelar el producto con una perspectiva de principios de circularidad	Usar el producto nuevamente (como de segunda mano)	Mantener y reparar el producto
<i>Reacondicionar</i> (<i>refurbish</i>)	<i>Remanufacturar</i> (<i>remanufacture</i>)	<i>Reutilizar con otra función</i> (<i>repurpose</i>)	<i>Reciclar</i> (<i>recycle</i>)	<i>Recuperar</i> (<i>recover</i>)
Revivir el producto	Crear un producto nuevo a partir de uno de segunda mano.	Reutilizar el producto pero con otra función	Recuperar flujos de material con el valor más alto posible	Incinerar los desechos con recuperación de energía

Las medidas que se presentan a continuación se agrupan en cuatro principios circulares aplicables al sector de la construcción:

OPORTUNIDADES PARA IMPULSAR LAS ESTRATEGIAS DE CIRCULARIDAD EN TODOS LOS ESLABONES DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

1 Priorizar la rehabilitación y reutilización. Este principio desafía a priorizar la rehabilitación y reutilización de edificaciones o infraestructuras existentes sobre la construcción de nuevas. Extender la vida útil de los activos mediante renovaciones y transformar su uso puede reducir significativamente las emisiones de CO₂e.

- A. Priorizar la renovación y modernización. Renovar y adaptar edificios para nuevos usos, extendiendo su vida útil y reduciendo la necesidad de nuevas construcciones.
- B. Transformar edificios de oficinas. Adaptar oficinas para usos residenciales u otros, aprovechando estructuras existentes.
- C. Construir solo lo necesario. Evaluar cuidadosamente las necesidades actuales y futuras para evitar construir espacios innecesarios o sobredimensionados.
- D. Reconocer el valor de los activos construidos. Considerar el valor de los edificios existentes más allá de lo monetario, incluyendo su contribución a la comunidad y al medio ambiente.
- E. Identificar y optimizar áreas subutilizadas. Analizar el uso actual de los espacios y reconfigurarlos para maximizar su eficiencia y funcionalidad.
- F. Aplicar modelos de arrendamiento y compartición. Fomentar el uso compartido de espacios y la reutilización de materiales y componentes para reducir el consumo de recursos y minimizar los residuos.

2 Construir eficientemente. La eficiencia en el sector de la construcción puede lograrse a través de diseños innovadores que minimicen el uso de materiales o empleen alternativas de menor impacto ambiental. Explorar tipologías de viviendas alternativas y seleccionar productos con menor huella ambiental son estrategias clave en este enfoque.

- A. Industrializar la construcción. Reducir tiempos de obra, optimizar recursos y minimizar residuos trasladando gran parte del proceso constructivo a talleres.
- B. Construir con menos, diseñar mejor. Priorizar el análisis de ciclo de vida, la eficiencia en el uso de recursos, la economía circular y la durabilidad de los materiales.
- C. Emplear técnicas de construcción híbridas. Combinar elementos prefabricados y componentes modulares para facilitar el desmontaje, la reutilización y la flexibilidad de los edificios.
- D. Considerar modelos de producto como servicio. Optimizar el rendimiento de funciones como calefacción, refrigeración e iluminación a través de modelos basados en servicio.
- E. Crear edificios flexibles y duraderos. Diseñar edificios para ser reciclados y desmontados al final de su vida útil.
- F. Utilizar tecnologías digitales. Mejorar la eficiencia de materiales y crear transparencia en el ciclo de vida mediante sistemas de gestión de proyectos digitales.
- G. Reutilizar estructuras existentes. Aprovechar estructuras ya construidas en lugar de demoler y construir nuevas.
- H. Optimizar la actividad de construcción. Planificar los procesos, optimizar la compra de materiales y emplear herramientas innovadoras de ejecución.

- I. Optimizar la fabricación de materiales. Mejorar los procesos de fabricación para una mayor eficiencia de los materiales y energética.
- J. Construir edificios más pequeños. Ajustar el tamaño de los edificios a las necesidades reales para reducir el uso de recursos.
- K. Extender los edificios existentes en vertical. Aprovechar al máximo el espacio disponible mediante ampliaciones verticales.

3 Construir para uso a largo plazo. Diseñar edificios que puedan ser fácilmente desmantelados en el futuro es esencial para una gestión adecuada del fin de su vida útil y para mantener la captura de carbono potencial de los materiales biobasados

- A. Diseñar edificios flexibles y adaptables. Crear estructuras que puedan ser fácilmente desmanteladas y adaptadas a diferentes usos.
- B. Implementar estándares de modularidad y adaptabilidad. Facilitar el desmontaje y la reutilización de componentes mediante la modularidad.
- C. Fomentar la adopción de pasaportes materiales. Utilizar pasaportes para rastrear la composición y el impacto de los materiales.
- D. Diseñar para la reutilización mediante modularidad. Crear fachadas reemplazables y componentes modulares.
- E. Implementar trazabilidad de materiales. Usar pasaportes para asegurar la correcta gestión de los materiales a lo largo del ciclo de vida del edificio.
- F. Construir para el desmontaje y la reutilización. Diseñar edificios que puedan ser fácilmente desmantelados y reutilizados.
- G. Optimizar niveles y alturas para uso flexible. Ajustar la construcción para permitir usos diversos y eficientes.
- H. Utilizar elementos prefabricados y piezas estandarizadas. Facilitar la construcción y el desmontaje con componentes estándar.
- I. Emplear conexiones desmontables. Usar métodos de conexión que permitan la fácil separación de componentes.
- J. Incrementar la vida útil mediante reutilización. Diseñar considerando la reutilización de materiales y componentes.
- K. Simplificar el diseño mediante modularización. Usar ejes de servicios y reducción de la variedad de materiales para facilitar la construcción y el desmontaje.
- L. Diseñar edificios con múltiples usos. Crear estructuras versátiles que puedan adaptarse a diversas necesidades a lo largo del tiempo.
- M. Priorizar el mantenimiento y las reparaciones. Fomentar el mantenimiento regular para prolongar la vida útil de los edificios.
- N. Utilizar materiales y sistemas constructivos reutilizados y reciclados. Incorporar materiales sostenibles en el diseño.
- O. Diseñar proyectos para transformar estructuras existentes. Renovar y mejorar edificios ya construidos en lugar de demoler.
- P. Fortalecer el papel del sector público en la recuperación. Incentivar la reutilización de materiales y la recuperación de estructuras.
- Q. Planificar y diseñar considerando el ciclo de vida. Integrar evaluaciones del ciclo de vida en el diseño y planificación de edificios.
- R. Implementar modelos de negocio innovadores. Usar sistemas de producto-servicio para optimizar el uso de recursos.
- S. Extender los ciclos de vida mediante mantenimiento predictivo. Utilizar tecnologías avanzadas para anticipar y realizar el mantenimiento necesario.

4 Construir con los materiales correctos. La reutilización de materiales no contaminados, el reciclaje y el uso de materiales biobasados en la construcción pueden reducir significativamente las emisiones de CO₂e y evitar la generación de residuos. Además, la construcción con materiales biobasados puede almacenar CO₂e como captura de carbono, contribuyendo a la reducción de emisiones a corto plazo. Ideas principales: Reutilizar, reciclar, materiales biobasados y captura de carbono.

- A. Establecer cadenas de suministro para materiales alternativos. Certificar y estandarizar materiales sostenibles para su uso en construcción.
- B. Mejorar la eficiencia energética en la fabricación de materiales. Optimizar los procesos de producción para reducir el consumo de energía.
- C. Reducir el uso de energía carbonizada. Innovar en procesos y sustituir materiales tradicionales por alternativas naturales menos perjudiciales.
- D. Fomentar el uso de productos de base biológica. Utilizar materiales como madera, paja, bambú y otros de bajo carbono embebido y disponibilidad local.
- E. Apoyar iniciativas innovadoras de economía circular. Incentivar proyectos que promuevan la reutilización y el reciclaje.
- F. Implementar la minería urbana. Gestionar residuos para asegurar la reutilización de materiales en lugar de enviarlos a vertederos.
- G. Aumentar la plantación de bosques. Garantizar el suministro de madera sostenible a largo plazo.
- H. Incluir límites al carbono de ciclo de vida. Establecer restricciones para las emisiones de carbono en proyectos de construcción.
- I. Planificar de manera integrada. Incluir evaluaciones del ciclo de vida en la planificación de materiales y edificios.
- J. Reciclar componentes y materiales. Usar materias primas secundarias y renovables.
- K. Almacenar carbono en edificios de madera. Utilizar madera proveniente de bosques bien gestionados en construcciones de larga vida.
- L. Crear un sistema circular efectivo. Implementar pasaportes de materiales y edificios para facilitar la reutilización.
- M. Considerar el valor potencial de los materiales. Usar contratos futuros y diseñar para la deconstrucción.
- N. Desarrollar estándares y certificaciones. Fomentar la modularidad y adaptabilidad en la construcción.
- O. Fomentar la adopción de pasaportes materiales. Promover el uso de pasaportes para gestionar materiales en edificios.
- P. Reutilizar residuos de construcción y agua de lluvia. Gestionar recursos de manera sostenible.
- Q. Gestionar flujos de materiales inteligentemente. Utilizar pasaportes de recursos para optimizar el uso de materiales.
- R. Utilizar pasaportes de materiales específicos del proveedor. Rastrear las emisiones y el potencial de reutilización de cada componente.
- S. Informar a los proveedores sobre pasaportes de materiales. Promover la estandarización y el intercambio de datos de emisiones.
- T. Seleccionar materiales con bajas emisiones. Actualizar datos en el modelo de información para garantizar la sostenibilidad de los materiales utilizados.
- U. Monitorear durante la construcción. Identificar y corregir desviaciones para asegurar el cumplimiento de los objetivos de emisiones.

07

PROMOVER EL MARCO SER: SUFICIENCIA, EFICIENCIA Y LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

La eficiencia energética, la generación a partir de fuentes renovables y, más recientemente, la flexibilidad energética han sido los elementos en los que se han centrado las últimas políticas de sostenibilidad encaminadas a la neutralidad. Sin embargo, esto ha demostrado no ser suficiente para permitir una descarbonización profunda. Por ello, para abordar el problema del consumo excesivo, se antoja necesario combinar soluciones tecnológicas con cambios de estilo de vida y comportamiento promocionando el marco SER (Suficiencia, Eficiencia, Renovables).

OPORTUNIDADES PARA PROMOVER EL MARCO SER: SUFICIENCIA, EFICIENCIA Y LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

1 Priorizar la rehabilitación y reutilización:

- A. Priorizar la renovación y modernización. Renovar y adaptar edificios para nuevos usos, extendiendo su vida útil y reduciendo la necesidad de nuevas construcciones.
- B. Transformar edificios de oficinas. Adaptar oficinas para usos residenciales u otros, aprovechando estructuras existentes.
- C. Construir solo lo necesario. Evaluar cuidadosamente las necesidades actuales y futuras para evitar construir espacios innecesarios o sobredimensionados.
- D. Reconocer el valor de los activos construidos. Considerar el valor de los edificios existentes más allá de lo monetario, incluyendo su contribución a la comunidad y al medio ambiente.
- E. Identificar y optimizar áreas subutilizadas. Analizar el uso actual de los espacios y reconfigurarlos para maximizar su eficiencia y funcionalidad.
- F. Aplicar modelos de arrendamiento y compartición. Fomentar el uso compartido de espacios y la reutilización de materiales y componentes para reducir el consumo de recursos y minimizar los residuos.

2 Fomentar la suficiencia:

- A. Reducir el tamaño de las viviendas. Promover el diseño de viviendas más pequeñas y multifuncionales para optimizar el uso del espacio y minimizar el consumo de materiales y energía.
- B. Optimizar el espacio. Diseñar espacios que maximicen la utilización de cada metro cuadrado, reduciendo la necesidad de grandes superficies y facilitando la adaptación a múltiples usos.
- C. Promover cambios de comportamiento. Fomentar comportamientos sostenibles entre los ocupantes de los edificios mediante campañas de sensibilización y programas educativos.
- D. Renovar y rehabilitar edificios existentes. Optar por renovar y rehabilitar edificios en lugar de construir nuevos, aplicando principios de suficiencia y utilizando materiales sostenibles.

- E. Priorizar parcelas localizadas en zonas urbanas. Evitar el uso de parcelas no desarrolladas previamente para optimizar recursos.
- F. Emplear la topografía como elemento del proyecto. Utilizar el estudio topográfico para integrar y optimizar el diseño urbano.
- G. Desarrollar un pasaporte del edificio. Evaluar subcontratistas y rastrear emisiones y reutilización de materiales.
- H. Capacitar y colaborar con proveedores. Asegurar que los proveedores se alineen con los objetivos de sostenibilidad y eficiencia del proyecto.
- I. Promocionar el desarrollo urbano en la lógica "smart land". Favorecer la integración de espacios urbanos, periurbanos y rurales.
- J. Considerar la adecuación cultural y el bienestar emocional. Incorporar estos aspectos en los proyectos de construcción.
- K. Participar en programas de construcción social. Fomentar la implicación social en la construcción sostenible.
- L. Adecuar zonas específicas de vertido del agua de limpieza. Crear balsas de decantación para gestionar el vertido de agua en obras.

3 Mejorar la eficiencia:

- A. Implementar mejoras en el aislamiento térmico. Utilizar aislamiento avanzado para reducir la necesidad de calefacción y refrigeración, optimizando la eficiencia energética del edificio.
- B. Usar materiales de baja energía incorporada. Seleccionar materiales con baja energía incorporada que sean reciclables o provengan de fuentes recicladas.
- C. Optimizar la eficiencia operacional. Implementar sistemas de gestión y automatización para optimizar el uso de energía en tiempo real.
- D. Utilizar sistemas de gestión energética. Monitorear y controlar el consumo de energía en edificios para mejorar la eficiencia y reducir costes.
- E. Proveer incentivos y políticas de apoyo. Ofrecer incentivos económicos y fiscales para promover la adopción de tecnologías de energía renovable y mejoras en la eficiencia energética.
- F. Implementar maquinaria de bajas emisiones. Reducir emisiones utilizando maquinaria eficiente.
- G. Hacer el diseño y la ejecución más eficientes. Minimizar el desperdicio mediante el diseño modular y el monitoreo de proyectos.
- H. Implementar estándares mínimos de comportamiento energético (MEPS). Asegurar un rendimiento energético mínimo en los edificios.
- I. Realizar evaluaciones de pérdidas de calor. Considerar alternativas de diseño para mejorar la eficiencia térmica.
- J. Monitorizar el comportamiento real de los edificios. Realizar un seguimiento para asegurar la eficiencia energética.
- K. Instalar sistemas de calefacción y refrigeración eficientes. Reducir emisiones mediante sistemas eficientes.
- L. Utilizar herramientas avanzadas de planificación. Optimizar adquisición y logística mediante BIM y simulaciones.
- M. Adquirir cantidades específicas de material. Evitar desperdicios por sobre pedido y pérdidas de corte.
- N. Implementar logística inteligente a través de hubs urbanos. Centralizar entregas para mejorar la eficiencia.

- O. Seguir en tiempo real los materiales. Asegurar entregas justas y en cantidad adecuada.
- P. Optimizar rutas y horarios de entrega. Reducir emisiones optimizando las entregas.
- Q. Fomentar la electrificación de maquinaria de construcción. Seleccionar maquinaria considerando su ciclo de vida y huella de carbono.
- R. Instalar dispositivos para el ahorro de agua. Reducir el consumo

4 Promover el uso de energías renovables:

- A. Implementar tecnologías de energía renovable. Integrar paneles solares, sistemas de energía eólica y almacenamiento de energía en los edificios.
- B. Fomentar la adopción de energías renovables. Reducir las emisiones de carbono mediante la implementación de energías renovables.
- C. Asegurar el suministro seguro de energías renovables. Garantizar el acceso y distribución de energías limpias.
- D. Potenciar la electrificación y combustibles alternativos. Fomentar el uso de energías limpias.
- E. Maximizar la implantación de energías renovables. Promover el uso de energías limpias en proyectos de construcción.
- F. Eliminar el uso de combustibles fósiles. Sustituir energías no renovables por alternativas limpias.
- G. Utilizar energías renovables como sustitutas. Promover el uso de energías limpias en lugar de convencionales.
- H. Implementar sistemas de calentamiento de agua solares. Utilizar energía solar para calentar agua.
- I. Generar energía eléctrica con paneles fotovoltaicos. Utilizar paneles solares para generar electricidad.
- J. Usar sistemas de climatización por biomasa. Emplear biomasa para climatización.
- K. Instalar sistemas de cogeneración. Satisfacer necesidades de energía eléctrica y térmica mediante cogeneración.
- L. Implementar sistemas de control y gestión automática. Optimizar el uso de múltiples fuentes de energía priorizando las renovables.

5 Establecer indicadores de sostenibilidad:

- A. Reducir la expansión urbana. Promover el uso eficiente del suelo y evitar la expansión descontrolada.
- B. Limitar el consumo de tierra a cero neto. Evitar el uso excesivo de suelo y promover la reutilización de terrenos desarrollados.
- C. Reducir el número de plazas de aparcamiento. Fomentar el uso de transporte sostenible y minimizar el espacio destinado a estacionamiento.
- D. Apoyar las zonas verdes en el centro de la ciudad. Promover el desarrollo de áreas verdes para mejorar la calidad de vida urbana.
- E. Promover el desarrollo bajo la lógica "smart land". Favorecer la integración de espacios urbanos, periurbanos y rurales para un desarrollo sostenible.

08

DESARROLLAR TECNOLOGÍAS DIGITALES Y AUTOMATIZACIÓN PARA TODOS LOS ESLABONES DE LA CADENA DE VALOR

La integración de tecnologías digitales y la automatización en la industria de la construcción está revolucionando la forma en que se abordan los proyectos, desde la planificación hasta la ejecución y gestión. Aunque la adopción de estas tecnologías requiere una inversión inicial en capacitación y adaptación de los procesos, los beneficios a largo plazo son evidentes, ya que estas herramientas avanzadas permiten optimizar cada eslabón de la cadena de valor, mejorando la eficiencia, reduciendo costes y fomentando la sostenibilidad.

Entre las herramientas existentes se encuentran las siguientes:

- El Modelado de Información de Construcción (BIM): Posibilita la creación de modelos digitales tridimensionales que integran datos multidisciplinares, abarcando desde la arquitectura y la ingeniería hasta los costes y la planificación temporal.
- Tecnologías de impresión 3D: Permite crear componentes estructurales a medida con una precisión milimétrica, utilizando materiales como hormigón, polímeros e incluso metales. Esto reduce el desperdicio de materiales y acelera los tiempos de construcción.
- Plataformas de gestión en la nube: Facilitan la colaboración en tiempo real entre los diferentes actores, el seguimiento del progreso y la gestión de recursos de manera eficiente.
- Implementación de sensores y dispositivos IoT (Internet de las Cosas): Permiten recopilar datos en tiempo real sobre el rendimiento de los equipos, el consumo de energía y las condiciones ambientales.

OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS PARA PROMOVER LA DIGITALIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN A LO LARGO DE LA CADENA DE VALOR DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

1 Adoptar nuevas tecnologías innovadoras:

- A. Adoptar tecnologías emergentes. Explorar y adoptar tecnologías que reduzcan las emisiones de carbono en todas las fases del ciclo de vida de la construcción, desde la producción de materiales hasta la construcción y demolición.
- B. Aplicar impresión 3D en la construcción. Crear componentes con alta precisión y bajo desperdicio mediante técnicas de fabricación aditiva.

- C. Implementar robótica y automatización. Utilizar robots para tareas específicas como soldadura y ensamblaje, mejorando la precisión, seguridad y eficiencia.
- D. Integrar el Internet de las Cosas (IoT). Utilizar plataformas IoT para mejorar la precisión en la gestión de recursos y procesos constructivos.
- E. Aplicar inteligencia artificial (IA). Optimizar la eficiencia energética, analizar datos y predecir riesgos en la construcción mediante el uso de IA.
- F. Utilizar gemelos digitales. Crear representaciones digitales de entidades o procesos del mundo real para mejorar la toma de decisiones y el mantenimiento.
- G. Predecir riesgos con IA y entrenar con VR. Usar IA para predecir riesgos, entrenar al personal con realidad virtual (VR) y monitorear la salud con sensores IoT.
- H. Adoptar software de gestión basado en la nube. Mantener estándares de calidad, plazos y presupuestos en los proyectos de construcción.
- I. Emplear Big Data para análisis de mercado. Optimizar esfuerzos de promoción y planeamiento basados en datos de mercado y tendencias.
- J. Incorporar IA para evaluación predictiva. Usar IA para evaluar la viabilidad de proyectos y monitorear el progreso, mejorando la toma de decisiones mediante algoritmos predictivos.
- K. Desarrollar herramientas de simulación energética. Utilizar simulaciones para optimizar el consumo energético y reducir emisiones desde la fase de diseño.
- L. Implementar blockchain para la trazabilidad de materiales. Asegurar la transparencia y sostenibilidad en la cadena de suministro mediante el uso de blockchain.
- M. Fomentar la interoperabilidad de sistemas digitales. Facilitar la integración de diferentes tecnologías y plataformas digitales para una gestión más eficiente.

2 Implementar herramientas digitales y modelado de información

- A. Aplicar la metodología BIM en todas las fases del proyecto. Digitalizar la información de planificación y construcción, creando un modelo virtual del edificio.
- B. Crear pasaportes de materiales digitales. Facilitar la economía circular mediante el registro digital de materiales y métodos de construcción.
- C. Utilizar calculadoras de ACV. Evaluar el impacto ambiental y de ciclo de vida de los materiales y procesos mediante herramientas de evaluación.
- D. Desarrollar plataformas colaborativas en la nube. Facilitar la comunicación y colaboración entre todos los actores del proyecto en tiempo real.

3 Monitorizar y optimizar en tiempo real

- A. Implementar sistemas de monitoreo en tiempo real. Controlar los materiales y energía utilizados para asegurar que las emisiones reales se alineen con los planes.
- B. Utilizar drones para inspección y monitoreo. Mejorar la precisión y reducir errores en la gestión de sitios de construcción mediante drones.
- C. Integrar AR/VR, IA y dispositivos portátiles en sitios de construcción. Mejorar la logística, seguridad y proporcionar datos en tiempo real.
- D. Implementar sistemas de mantenimiento predictivo. Usar IA y IoT para anticipar y realizar mantenimiento de manera eficiente, prolongando la vida útil de los edificios y reduciendo costes.
- E. Utilizar tecnología de realidad aumentada (AR). Mejorar la precisión en la construcción y permitir una visualización detallada del progreso del proyecto.

09

MEJORAR LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN CONVENCIONALES

La descarbonización completa del sector de la construcción requiere incluir la economía circular en el ciclo de vida de materiales fundamentales de construcción como cemento, hormigón, acero, vidrio y asfalto. Los edificios existentes y las infraestructuras deben considerarse como un valioso “banco de materiales” que pueden ser recuperados y reutilizados. Además, es crucial establecer regulaciones más estrictas y promover prácticas sostenibles en el sector para abordar problemas como la extracción no regulada de recursos y la gestión inadecuada de residuos.

La innovación tecnológica desempeña un papel fundamental en esta transición hacia la economía circular. Además, la optimización de la logística y el transporte de los materiales puede minimizar la huella de carbono asociada a estas actividades.

Las principales oportunidades para descarbonizar la producción y uso de materiales convencionales son las siguientes:

OPORTUNIDADES PARA MEJORAR LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN CONVENCIONALES Y AYUDAR A SU DESCARBONIZACIÓN COMPLETA

- 1 Mejorar la eficiencia energética en la producción de materiales de construcción-** La eficiencia energética en la producción de materiales como cemento, acero y vidrio puede reducir considerablemente las emisiones de CO₂e. Implementar tecnologías avanzadas y optimizar los procesos energéticos son claves para alcanzar este objetivo. La eficiencia energética no solo reduce el impacto ambiental, sino que también disminuye los costes operativos, mejorando la competitividad del sector.
- A. Implementar tecnologías de eficiencia energética. Adoptar tecnologías avanzadas que mejoren la eficiencia en el uso de energía durante la producción de materiales.
 - B. Optimizar procesos energéticos. Revisar y ajustar los procesos de producción de materiales para maximizar la eficiencia energética.
 - C. Monitorear y gestionar el consumo energético. Utilizar sistemas de monitoreo para controlar y reducir el consumo de energía en tiempo real durante la producción.
 - D. Capacitar al personal en prácticas de eficiencia energética. Fomentar la educación y formación continua sobre técnicas y tecnologías de eficiencia energética específicas para cada material.
 - E. Incorporar fuentes de energía renovable. Integrar energías renovables en los procesos de producción de materiales para reducir la dependencia de combustibles fósiles.

2 Reducir la energía carbonizada en la producción de materiales. La reducción de energía carbonizada implica disminuir el uso de combustibles fósiles y otros recursos de alta emisión de carbono en la producción de materiales de construcción. Este enfoque no solo ayuda a descarbonizar los materiales, sino que también promueve un entorno más saludable y sostenible.

- A. Sustituir combustibles fósiles por energías renovables. Adoptar fuentes de energía limpias como la solar, eólica y biomasa en lugar de combustibles fósiles para la producción de cemento, acero y vidrio.
- B. Mejorar la eficiencia de los procesos térmicos. Optimizar hornos y otros equipos térmicos utilizados en la producción de materiales para reducir el consumo de energía carbonizada.
- C. Implementar tecnologías de captura y almacenamiento de carbono (CAC). Utilizar CAC para capturar y almacenar CO₂ durante los procesos de producción de materiales.
- D. Fomentar la investigación en energías alternativas. Apoyar la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías y fuentes de energía alternativas para la producción de materiales.
- E. Promover políticas de reducción de carbono. Colaborar con entidades gubernamentales y organizaciones para implementar políticas que reduzcan el uso de energía carbonizada en la industria de la construcción.

3 Innovar en los procesos de producción de materiales. La innovación en los procesos de producción es crucial para descarbonizar el sector de la construcción. Implementar tecnologías avanzadas y métodos de producción más sostenibles puede reducir significativamente las emisiones de carbono y mejorar la eficiencia general.

- A. Desarrollar nuevos procesos de producción sostenibles. Investigar y aplicar procesos de producción de cemento, acero y vidrio que minimicen las emisiones de carbono.
- B. Automatizar y digitalizar la producción. Utilizar robótica, IoT e inteligencia artificial para mejorar la precisión y eficiencia en la producción de materiales.
- C. Integrar el uso de gemelos digitales. Crear representaciones digitales de los procesos de producción de materiales para optimizar y mejorar continuamente.
- D. Adoptar prácticas de manufactura circular. Implementar procesos que permitan la reutilización y reciclaje de materiales dentro de la producción.
- E. Fomentar la colaboración intersectorial. Trabajar junto a otros sectores para desarrollar soluciones innovadoras y compartidas para la producción de materiales.

4 Sustituir materiales convencionales con alternativas naturales y fibras naturales. La sustitución de materiales convencionales por alternativas naturales y fibras naturales puede reducir significativamente la huella de carbono del sector de la construcción. Estos materiales no solo son sostenibles, sino que también pueden mejorar las propiedades de las construcciones en términos de durabilidad y eficiencia energética.

- A. Usar materiales biobasados. Integrar materiales como madera, bambú, cáñamo y otras fibras naturales en la construcción en lugar de cemento y acero.
- B. Desarrollar compuestos sostenibles. Crear materiales compuestos basados en micelio, bioplásticos y bioespuma para su uso en construcción.
- C. Implementar materiales vivos. Utilizar materiales autorreplicantes y autorreparadores para mejorar la sostenibilidad y durabilidad.
- D. Promover la investigación de nuevos materiales naturales. Fomentar la investigación y desarrollo de nuevas alternativas naturales que puedan reemplazar los materiales convencionales.
- E. Actualizar normativas y códigos de construcción. Adaptar regulaciones para facilitar y promover el uso de materiales naturales en la construcción.

5 Reducir las emisiones en la fase de transporte de los materiales. El transporte de materiales de construcción puede contribuir significativamente a las emisiones totales de un proyecto. Optimizar la logística y utilizar medios de transporte más sostenibles puede reducir estas emisiones de manera considerable.

- A. Optimizar la eficiencia energética de los vehículos. Implementar tecnologías y prácticas para mejorar la eficiencia energética de los vehículos de transporte, logrando una reducción de emisiones de 5-10%.
- B. Utilizar transporte pesado híbrido. Incorporar camiones híbridos para el transporte de materiales, reduciendo las emisiones en un 5-10%.
- C. Emplear camiones enchufables híbridos. Usar camiones enchufables híbridos para el transporte, logrando una reducción de emisiones de 5-10%.
- D. Electrificar camiones con soporte de sistemas de carreteras eléctricas (ERS). Implementar la electrificación de camiones con ERS para reducir las emisiones en un 5-10%.
- E. Optimizar la logística y operaciones en carretera. Mejorar la eficiencia de las operaciones logísticas en carretera, reduciendo las emisiones en un 0-5%

10

INVERTIR EN INNOVACIÓN QUE FACILITE EL DESARROLLO DE MATERIALES RECICLADOS Y NUEVOS MATERIALES CON BAJA EMISIÓN DE CARBONO

Innovar en materiales de construcción, especialmente los que tienen baja emisión de carbono y son de origen renovable, es clave para descarbonizar el sector. Usar materiales reciclados y de base biológica ayuda a reducir la demanda de nuevos recursos y la huella de carbono. Mejorar la tecnología de reciclaje y explorar nuevos materiales, como la madera, que actúa como sumidero de carbono, son pasos importantes hacia una construcción más sostenible.

Además, innovaciones como la impresión 3D y los materiales “vivos”, que alargan la vida útil de los edificios, están cambiando el juego. Diseñar edificios que actúen como sumideros de carbono, con techos verdes y sistemas para capturar CO₂, puede ayudar a combatir el cambio climático y mejorar la calidad del aire en nuestras ciudades.

Los próximos años, prometen avances acelerados en la investigación de nuevos materiales. La exploración de nanomateriales y el uso de inteligencia artificial en el diseño de materiales posibilitará hacer que los edificios sean más eficientes y sostenibles. Estas innovaciones están transformando la industria de la construcción y abriendo el camino hacia un futuro más verde y resiliente.

OPORTUNIDADES PARA INCORPORAR MATERIALES ALTERNATIVOS BAJOS EN CARBONO A LA CADENA DE VALOR DE LA CONSTRUCCIÓN

1 Fomentar la captura y almacenamiento de carbono (CAC) y el uso de materiales sostenibles son estrategias cruciales para mitigar las emisiones de CO₂ en el sector de la construcción. La integración de materiales que actúan como sumideros de carbono, junto con tecnologías de CAC, puede transformar los edificios en elementos activos en la lucha contra el cambio climático. Incrementar la disponibilidad y utilización de materiales de base biológica, reciclables y reprocesados contribuye significativamente a este objetivo.

- A. Utilizar la captura y almacenamiento de carbono (CAC). Implementar CAC para lograr la neutralidad climática en el sector de la construcción.
- B. Almacenar CO₂ en productos a través de sistemas en cascada. Ejemplo: madera almacena CO₂, luego se utiliza para pulpa, luego en la industria química y finalmente se quema para generar calor.
- C. Aumentar el porcentaje de madera en nuevos edificios. Reemplazar el hormigón y cemento con madera para reducir las emisiones de carbono.
- D. Incrementar la disponibilidad regional de materiales sostenibles. Asegurar el acceso a materiales sostenibles a nivel local.
- E. Rediseñar edificios como sumideros de carbono urbanos. Utilizar diseños que maximicen la absorción de carbono.
- F. Seleccionar materiales de construcción y partes para conservar recursos. Escoger materiales que faciliten el procesamiento posterior y la economía circular.
- G. Usar materiales biobasados y reciclables. Promover el uso de materiales que puedan ser reciclados o compostados.
- H. Usar materiales de construcción reprocesados, como el "R-hormigón". Integrar materiales reciclados en nuevos proyectos de construcción.

2 Incorporar materiales innovadores y vivos en la construcción. La integración de materiales innovadores y vivos está transformando el sector de la construcción. Materiales como el hormigón autorreplicante, el biocemento autorreparador y los compuestos basados en micelio no solo presentan una mayor durabilidad y eficiencia energética, sino que también poseen el potencial de disminuir significativamente el impacto ambiental. La incorporación de materiales ligeros con elevada capacidad de almacenamiento de agua y biodegradables contribuye al desarrollo de una construcción más sostenible y resiliente.

- A. Utilizar materiales innovadores duraderos y de bajo mantenimiento. Ejemplos incluyen hormigón o basalto impreso en 3D.
- B. Emplear materiales vivos como el hormigón autorreplicante y el biocemento autorreparador. Integrar tecnologías que permitan la autorreparación y replicación de materiales.
- C. Seleccionar materiales y compuestos sostenibles. Usar compuestos basados en micelio, bioplásticos y bioespuma para reducir el impacto ambiental.
- D. Utilizar materiales más ligeros con mayor capacidad de almacenamiento de agua. Ejemplos incluyen aerogel, grafeno, seda de araña, compuestos de carbono, hidrocerámicas y nanomateriales.
- E. Incorporar madera y materiales biodegradables. Usar bambú, madera contralaminada, madera transparente y espuma de aluminio en la construcción.

3 Fomentar el uso de madera y madera industrializada. En particular la madera contralaminada (CLT), representa una estrategia prometedora para reducir la huella de carbono en la construcción. La CLT, al ser un material estructural de alta resistencia y bajo peso, ofrece una alternativa competitiva en costes frente al acero y el hormigón en ciertas aplicaciones. Su versatilidad se evidencia en su uso en edificios residenciales de baja altura, así como en proyectos de mayor envergadura como la torre Mjøstårnet en Noruega y el edificio C6 en Perth, Australia. Para acelerar su adopción, es fundamental garantizar un suministro forestal sostenible y brindar capacitación especializada a profesionales de la arquitectura y de la ingeniería, y contratistas en el diseño y construcción con CLT. eficiente. No obstante, a pesar de su potencial como una alternativa de bajo carbono al acero, es crucial tener en cuenta que los suministros mundiales de madera son limitados.

- A. Promover la gestión forestal sostenible. Incentivar la restauración de la biodiversidad y la gestión responsable de los bosques.
- B. Optimizar el diseño de subproductos forestales. Fomentar la circularidad en el uso de la madera.
- C. Mejorar la recolección de residuos de tala rasa y recortes de madera. Aumentar la eficiencia en la utilización de materiales forestales.
- D. Perfeccionar la fabricación de madera. Minimizar las pérdidas durante el procesamiento de la madera.
- E. Promover e incentivar el uso y la reutilización de la madera estructural. Aumentar el uso de madera en estructuras y su reutilización.
- F. Capacitar a profesionales en técnicas de diseño para el desmontaje de madera. Actualizar conocimientos en técnicas de construcción con madera.
- G. Actualizar los códigos de construcción para exigir productos certificados. Asegurar la calidad y sostenibilidad de los materiales de construcción.
- H. Incentivar la investigación y desarrollo de adhesivos no tóxicos. Mejorar la seguridad y sostenibilidad de los materiales utilizados.

4 Incrementar el uso de bambú en la construcción. El bambú, como material renovable y de rápido crecimiento, se destaca por su versatilidad y resistencia, siendo apto para diversas aplicaciones constructivas, desde elementos estructurales hasta acabados interiores. La promoción de su uso, junto con la optimización de los métodos de propagación y procesamiento, puede contribuir significativamente a la reducción de la huella de carbono en la industria de la construcción.

- A. Incrementar el apoyo político a empresas sostenibles en la gestión del bambú. Fomentar prácticas sostenibles en la industria del bambú.
- B. Optimizar los métodos de propagación de plantas de bambú. Mejorar la eficiencia en el cultivo y cosecha del bambú.
- C. Transicionar la fabricación de bambú hacia el uso de energía renovable. Reducir la huella de carbono en la producción de bambú.
- D. Promover la eficiencia material mediante estándares estructurales. Desarrollar y aplicar estándares para maximizar la utilidad del bambú.
- E. Incentivar el uso de productos no tóxicos en la fabricación de bambú. Utilizar químicos y aglutinantes seguros.
- F. Integrar estándares de bambú en los códigos de construcción locales. Adaptar regulaciones para facilitar el uso del bambú.
- G. Educar a profesionales en el uso del bambú. Capacitar equipos de arquitectura, ingeniería y diseño en las ventajas y técnicas de construcción con bambú.

5 Integrar biomasa en la construcción. La biomasa se posiciona como una alternativa sostenible para la construcción, posibilitando la creación de materiales de construcción de baja huella de carbono. La integración de la gestión de la biomasa en estrategias intersectoriales, así como el fomento de la investigación en bioadhesivos y tecnologías avanzadas, pueden impulsar la utilización de la biomasa en el sector de la construcción, contribuyendo a la economía circular y a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

- A. Integrar la gestión del suministro de biomasa en estrategias intersectoriales. Coordinar el uso de biomasa entre diferentes sectores.
- B. Incentivar tecnologías y bioadhesivos. Fomentar la innovación en adhesivos y tecnologías basadas en biomasa.
- C. Redirigir la biomasa hacia productos de mayor valor y vida útil. Aumentar la eficiencia y sostenibilidad de los productos de biomasa.
- D. Crear incentivos financieros para la captura de biomasa en materiales de construcción. Promover el uso de biomasa a través de incentivos económicos.
- E. Educar y capacitar a profesionales en el diseño con biomasa. Fomentar el conocimiento y uso de biomasa en el sector.
- F. Educar a usuarios sobre el mantenimiento eficiente de productos de biomasa. Informar a los consumidores sobre las mejores prácticas de uso y mantenimiento.
- G. Incentivar la adopción de biomasa entre compañías financieras y de seguros. Promover el uso de biomasa mediante incentivos económicos.
- H. Implementar estrategias de marketing y educación sobre biomasa. Aumentar la conciencia y aceptación de biomasa en la construcción.
- I. Capacitar en la recuperación de materiales para mejorar la tasa de reutilización. Mejorar las prácticas de reciclaje y recuperación de materiales de biomasa.

6 Fomentar la utilización de biomateriales en la construcción, trascendiendo la silvicultura convencional, requiere la adopción de enfoques regenerativos en la gestión de recursos. Para alcanzar una construcción verdaderamente sostenible, es fundamental promover la biodiversidad y emplear especies nativas en la producción de biomateriales. La integración de técnicas de captura y secuestro de carbono a escala distrital, junto con el diseño de infraestructuras de bajo impacto ambiental, como techos verdes y sistemas de recolección de agua de lluvia, son elementos esenciales para mitigar el impacto ambiental del sector de la construcción.

- A. Innovar más allá de la silvicultura convencional. Utilizar enfoques regenerativos para la gestión de recursos que incentiven la biodiversidad.
- B. Comprender los sistemas ecológicos nativos antes de introducir nuevos materiales vivos. Asegurar la integración de materiales en el contexto ecológico adecuado.
- C. Utilizar especies nativas y fertilizantes orgánicos. Fomentar prácticas sostenibles en la selección de materiales.
- D. Adaptar técnicas de carbono a escala distrital. Mitigar impactos en infraestructura urbana y gestión de aguas pluviales.
- E. Diseñar con infraestructura de bajo carbono. Incorporar techos verdes, arquitectura móvil y recolección de agua de lluvia.
- F. Proveer servicios de recursos vivos integrados. Facilitar el uso de materiales vivos en proyectos de construcción.
- G. Minimizar el uso de materiales mediante estrategias de optimización. Reducir el consumo de recursos en la construcción.
- H. Minimizar el peso de los materiales utilizando menos agua y suelo. Optimizar el diseño y uso de materiales para reducir el impacto ambiental.

4.2

Oportunidades específicas por eslabón

Este apartado presenta una serie de medidas particulares para reducir las emisiones de carbono, especialmente el incorporado, para cada eslabón de la cadena de valor del sector de la construcción. Todas ellas son recomendaciones que priorizan recursos regenerativos, extender la vida útil de los activos existentes, utilizar residuos como recurso, diseñar para el futuro y replantear el modelo de negocio.

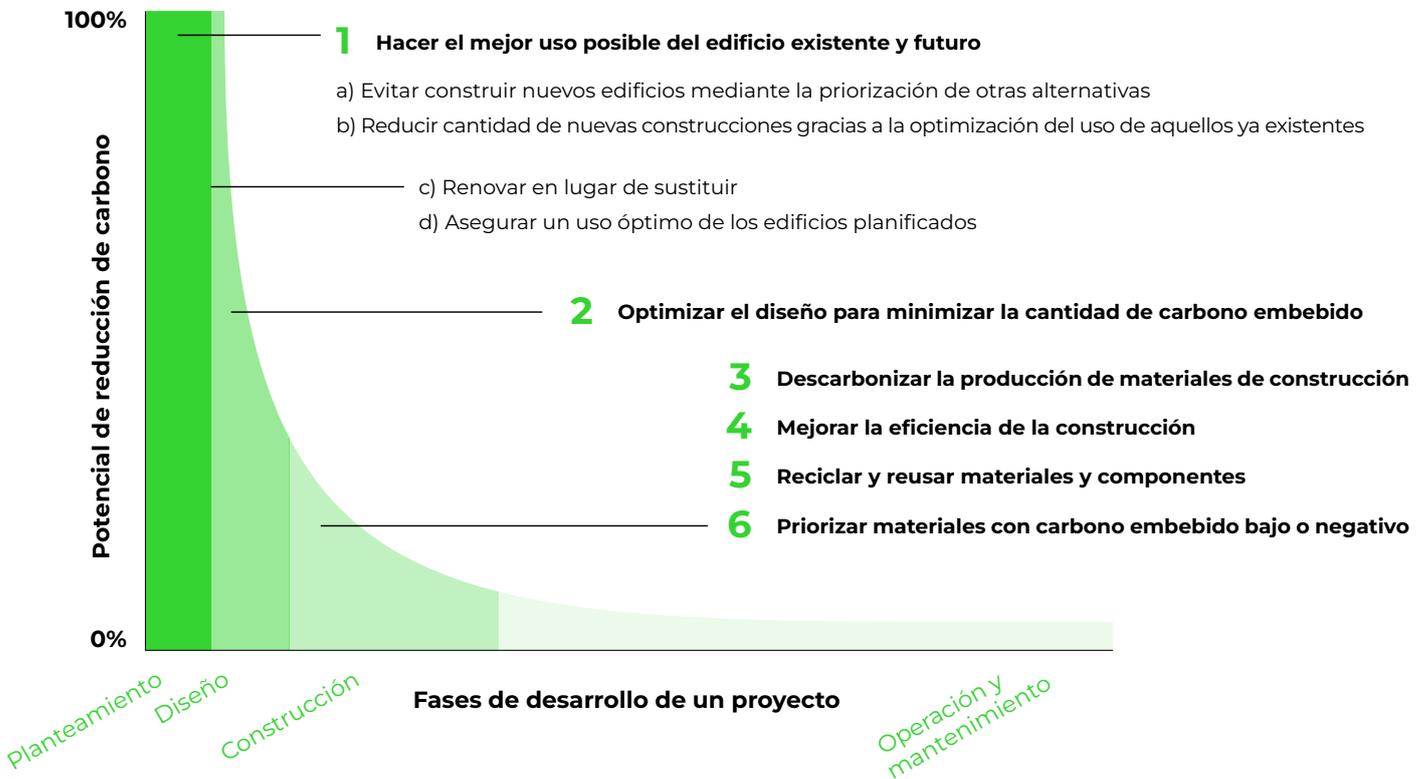


Figura 10. Potencial de reducción de carbono incorporado en las diferentes etapas de desarrollo del proyecto

Fuente: Embodied carbon regulation in the European construction sector

La Figura 10 muestra cómo el potencial de reducción de los gases de efecto invernadero disminuye a medida que avanza el proyecto, siendo los esfuerzos para minimizar la necesidad de nuevas construcciones los de mayor impacto. La adopción temprana de estrategias de mitigación del carbono incorporado en las fases iniciales de diseño y planificación es clave para maximizar la reducción de emisiones y avanzar hacia un sector de la construcción más sostenible.

PROMOCIÓN Y PLANIFICACIÓN

El primer paso en el sector de la construcción es decidir qué terrenos o edificaciones adquirir para su desarrollo. Esto implica evaluar la ubicación, el coste, las condiciones del terreno y las normativas locales. Es importante considerar la necesidad de nueva infraestructura, el potencial de secuestro de carbono y el impacto ambiental desde el principio para asegurar una planificación sostenible.

Una vez adquiridos, los terrenos pasan por un proceso de planificación para definir su uso óptimo, teniendo en cuenta las regulaciones y el mercado. Se realizan estudios de viabilidad económica, ambiental y social, y se consultan autoridades y comunidades. Una buena planificación ayuda a evitar la expansión descontrolada y a desarrollar proyectos sostenibles, con estrategias de reducción de carbono desde el inicio.

En la fase de promoción del proyecto, se evalúa su viabilidad operativa y se buscan esquemas de financiación. Se realiza un análisis financiero detallado para estimar costes, retorno y demanda del mercado, y se consideran los riesgos. La descarbonización se convierte en un criterio clave para fomentar la sostenibilidad en el desarrollo. Una planificación sólida facilita la obtención de financiación y permite ajustes para adaptarse a cambios en el mercado y las regulaciones, asegurando el éxito del proyecto.

OPORTUNIDADES DE DESCARBONIZACIÓN RELACIONADAS CON EL ESLABÓN DE PROMOCIÓN Y PLANIFICACIÓN

1 Optimizar la edificación existente y planificar nuevas construcciones:

- A. Maximizar la utilización de edificaciones existentes mediante la mejora de la ocupación y el uso de los edificios actuales, reduciendo así la necesidad de nuevas construcciones.
- B. Priorizar la renovación de estructuras existentes sobre la construcción de nuevas edificaciones/ infraestructuras. Si es necesario, planificar la demolición selectiva.
- C. Asegurar una tasa de utilización eficiente y sostenible en los edificios planificados.

2 Realizar estudios y análisis preliminares:

- A. Realizar un estudio geotécnico detallado para incorporar información que mejore la eficiencia ambiental en futuros proyectos.
- B. Evaluar la demanda energética y el potencial de fuentes renovables locales y futuras.
- C. Analizar las condiciones climáticas para optimizar el diseño y ubicación de elementos urbanos con energías renovables.
- D. Estudiar las condiciones hidrológicas para integrar sistemas de drenaje naturales en el diseño urbano.
- E. Analizar el impacto del proyecto en la movilidad y la infraestructura vial, y prever nuevas necesidades.
- F. Evaluar el valor ecológico del emplazamiento para promover la construcción en terrenos con bajo valor ecológico y proteger elementos ecológicos significativos.

3 Planificar y gestionar proyectos de urbanización:

- A. Utilizar Sistemas de Información Geográfica (GIS) para identificar y priorizar parcelas para la adquisición en proyectos urbanos.
- B. Elaborar un libro de obra que documente el historial técnico, jurídico y administrativo de la urbanización para un mantenimiento adecuado y cumplimiento normativo.

4 Implementar políticas y prácticas económicas y sociales sostenibles:

- A. Reducir la extracción de materiales no renovables mediante la implementación de políticas que disminuyan la dependencia de estos recursos.
- B. Fomentar la biodiversidad y la economía circular, apoyando la innovación en silvicultura circular y agricultura sostenible.
- C. Valorar el capital natural y adoptar prácticas que reconozcan su importancia y la de la biodiversidad.
- D. Promover la equidad de género y prácticas laborales justas a lo largo del ciclo de vida del proyecto.
- E. Prevenir prácticas perjudiciales en la obtención de materiales para evitar el uso insostenible de la tierra y la degradación del suelo.
- F. Evaluar la procedencia y tasa de recuperación de materiales en el diseño de proyectos.

5 Gestionar proyectos y comprometerse con la sostenibilidad:

- A. Crear equipos integrados de proyecto multidisciplinares que participen en todas las fases del proyecto y mantengan reuniones periódicas.
- B. Establecer compromisos de sostenibilidad y asegurar su cumplimiento por parte de todos los involucrados en el proyecto.
- C. Fomentar la conciencia sobre el diseño sostenible y proporcionar formación especializada a los trabajadores.

DISEÑO

El diseño es crucial en cualquier proyecto de construcción, ya que integra varias especialidades. En el modelo actual, el uso de materiales compuestos y tóxicos, junto con uniones fijas, dificulta el desmontaje y la reutilización al final de la vida útil del edificio.

Para descarbonizar el sector para 2050, es clave optimizar el diseño y reducir el carbono embebido y el consumo de recursos. Esto incluye usar materiales más sostenibles, evitar especificaciones excesivas y emplear técnicas como el postesado. Replantear el uso de materiales, como aprovechar materiales secundarios o ligeros, puede mejorar la eficiencia y reducir la dependencia de recursos vírgenes y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Un buen diseño también debe maximizar la durabilidad y adaptabilidad de los edificios. Focalizarse en la durabilidad y la flexibilidad permite que los edificios se adapten a futuras necesidades o reparaciones, prolongando su vida útil. Ejemplos de esto son los edificios multipropósito y los espacios de trabajo flexibles.

Para facilitar la reutilización y el reciclaje, el diseño debe priorizar la deconstrucción. Elegir materiales y componentes que faciliten el desmontaje y la modularidad hace que la reutilización sea más viable que la demolición destructiva. Incorporar estos principios desde el inicio del diseño, incluyendo planes y diagramas de desmontaje, es esencial para un enfoque circular en la construcción.

Las acciones clave en esta fase para los diversos stakeholders pueden incluir:

OPORTUNIDADES DE DESCARBONIZACIÓN RELACIONADAS CON EL ESLABÓN DE DISEÑO

1 Seleccionar materiales de manera sostenible:

- A. Seleccionar materiales utilizando el análisis de ciclo de vida (ACV) para evaluar y penalizar aspectos ambientales.
- B. Aplicar el análisis social de ciclo de vida para considerar impactos sociales a lo largo del ciclo de vida de los materiales.
- C. Desarrollar certificaciones verdes y etiquetado transparente para facilitar la identificación de materiales sostenibles.
- D. Priorizar materiales locales con ecoetiquetas reconocidas para reducir la huella de carbono del transporte.

- E. Favorecer materiales disponibles regionalmente para disminuir la huella de carbono del transporte.
- F. Seleccionar materiales reutilizables y recuperables, como prefabricados y otros componentes.
- G. Utilizar materiales que puedan ser reciclados o reutilizados al final de su vida útil.
- H. Prescribir materiales con declaraciones ambientales de producto (DAPs) que demuestren impacto ambiental reducido.
- I. Elegir elementos de fácil manejo, transporte y bajo mantenimiento para minimizar recursos y esfuerzos.
- J. Emplear materiales rápidamente renovables como bambú, corcho y cáñamo en lugar de materias primas de ciclo largo.

2 Mejorar la eficiencia energética y reducir emisiones:

- A. Maximizar el uso de energías renovables para cubrir las necesidades energéticas del edificio.
- B. Eliminar gradualmente el uso de combustibles fósiles en favor de alternativas más sostenibles.
- C. Seleccionar materiales y productos de construcción que reduzcan las emisiones de carbono y apoyen la integración de energías renovables.
- D. Evaluar las emisiones de carbono asociadas a la construcción del edificio.
- E. Establecer límites para las emisiones de carbono a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio.
- F. Analizar y mitigar las pérdidas térmicas para mejorar la eficiencia energética en diseños alternativos.
- G. Optimizar el uso de materiales mediante especificaciones estrictas para minimizar desperdicios.
- H. Diseñar edificios que maximicen la eficiencia energética a través de su orientación y estructura.
- I. Emplear estrategias de paisajismo con vegetación para mejorar la eficiencia energética y el confort.
- J. Diseñar edificios que aprovechen al máximo la luz natural para reducir la necesidad de iluminación artificial.

3 Diseñar espacios flexibles y de uso eficiente:

- A. Flexibilidad de uso de los espacios a lo largo de la vida útil del inmueble: diseñar espacios que puedan adaptarse a diferentes funciones y necesidades a lo largo del tiempo.
- B. Diseñar edificios y estructuras con una vida útil más larga: fomentar la construcción de edificios que sean duraderos y adaptables a lo largo del tiempo.
- C. Concentrar la edificabilidad para aumentar la zona verde, reducir el área construida y mejorar la funcionalidad de las áreas naturales: minimizar la superficie construida para preservar o mejorar las áreas naturales y zonas verdes.
- D. Fomentar la construcción en áreas con infraestructuras existentes: reducir el impacto ambiental construyendo en lugares ya urbanizados y con infraestructuras desarrolladas.
- E. Evaluar el impacto ambiental del estacionamiento durante su construcción y uso: minimizar la huella ambiental de los espacios de estacionamiento, tanto en su construcción como en su operación.
- F. Diseñar espacios soleados y acristalados que almacenen calor y amortigüen el ruido exterior: integrar características de diseño que mejoren la eficiencia energética y el confort acústico.

4 Gestionar recursos y promover sostenibilidad:

- A. Monitorización del comportamiento real de los edificios sobre una muestra significativa del parque: implementar sistemas de monitoreo para evaluar y mejorar el rendimiento energético y de recursos de los edificios existentes.
- B. Diseñar redes separativas de evacuación de aguas pluviales y residuales: implementar sistemas que permitan reutilizar las aguas pluviales en otros usos, como riego, sistemas contra incendios o inodoros.
- C. Invertir en marcos de visualización de datos accesibles: facilitar la toma de decisiones informadas en la construcción mediante el uso de tecnologías de visualización de datos.
- D. Crear una base de datos de empresas circulares: establecer un registro de empresas que operan bajo principios de economía circular, facilitando la identificación y colaboración con proveedores sostenibles.
- E. Utilizar herramientas de computación, diseño y optimización: fomentar el uso de tecnologías avanzadas para integrar materiales locales y optimizar los recursos en la construcción.
- F. Utilización de herramientas como ce-toolkit y forward thinking design: emplear herramientas digitales y recursos en línea para apoyar el diseño y la implementación de prácticas circulares en la construcción.

PRODUCCIÓN (FABRICACIÓN DE MATERIALES Y SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS)

El sector de la construcción tiene un gran impacto ambiental debido al uso intensivo de materiales como cemento, hormigón y acero, que generan altas emisiones de CO₂ durante su extracción, producción y demolición. Por eso, es crucial gestionar estos recursos de manera más sostenible y reducir las emisiones incorporadas en los materiales.

Una forma clave de reducir el impacto es usar materiales reciclados, que pueden disminuir significativamente las emisiones de carbono. También es vital adoptar prácticas sostenibles en el diseño y operación de edificios, como integrar energías renovables, sistemas de aislamiento eficientes, y gestionar bien los residuos y las aguas grises.

La industrialización y la construcción modular son soluciones innovadoras que mejoran la eficiencia de recursos, reducen residuos y acortan los plazos de construcción. Estos métodos permiten un control de calidad más riguroso y reducen las emisiones asociadas al transporte y producción de materiales. Además, es importante considerar estrategias para los materiales más emisores y optar por compras locales para reducir aún más las emisiones.

Para avanzar hacia una construcción más sostenible, es fundamental implementar regulaciones más estrictas sobre las emisiones de carbono y fomentar prácticas sostenibles en toda la cadena de valor. El Anexo IV ofrece detalles sobre medidas específicas de descarbonización para diversos materiales.

A continuación se enumeran algunas oportunidades clave para este eslabón de la cadena de construcción:

OPORTUNIDADES DE DESCARBONIZACIÓN RELACIONADAS CON EL ESLABÓN DE PRODUCCIÓN (FABRICACIÓN DE MATERIALES Y SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS)

1 Electrificar y reducir el uso de combustibles fósiles:

- A. Transición energética: electrificar la red eléctrica utilizada en las plantas de producción para reducir la dependencia de combustibles fósiles, como el carbón y el gas natural, que son altamente contaminantes.
- B. Energías renovables: fomentar el uso de fuentes de energía renovable, como la solar y la eólica, para alimentar las instalaciones industriales, reduciendo así las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la generación de electricidad.
- C. Eficiencia energética: implementar medidas de eficiencia energética en los procesos de fabricación, como la optimización de sistemas de calefacción y refrigeración, la utilización de motores eléctricos de alta eficiencia y la recuperación de calor residual.

2 Establecer normativas y certificaciones:

- A. Regulaciones más estrictas: exigir el cumplimiento de normativas de reciclaje y la adopción de las mejores técnicas disponibles (BAT) en la industria de la construcción, estableciendo límites más estrictos para las emisiones de carbono y otros contaminantes.
- B. Certificaciones de sostenibilidad: mejorar y promover certificaciones de sostenibilidad para materiales y procesos de construcción, como leed, breeam o verde, que incluyan criterios de bajo carbono y fomenten la economía circular.

3 Gestionar y usar recursos de manera sostenible:

- A. Gestión forestal responsable: mandar la gestión sostenible de los bosques y materiales de construcción, asegurando prácticas forestales responsables y la reforestación para mantener el equilibrio ecológico y la capacidad de absorción de carbono de los bosques.
- B. Priorizar materiales reciclados: priorizar el uso de materiales reciclados y reutilizados sobre materiales primarios en los procesos de fabricación, reduciendo así la demanda de recursos naturales y las emisiones asociadas a la extracción y producción de materias primas.
- C. Materiales de base biológica: diseñar y desarrollar materiales y componentes alternativos de base biológica, como bioplásticos, biocomposites y aislantes naturales, para reducir la dependencia de recursos no renovables y disminuir la huella de carbono de los materiales de construcción.

4 Fomentar la innovación y desarrollo de nuevos materiales:

- A. Investigación y desarrollo: invertir en la investigación y desarrollo de materiales y aglutinantes de bajo carbono, como cementos alternativos con menor contenido de clínker o activados alcalinamente, que sean adecuados para la construcción y ofrezcan un menor impacto ambiental.
- B. Materiales circulares: desarrollar procesos de manufactura circular y compuestos diseñados específicamente para la reutilización y el reciclaje al final de su vida útil, promoviendo la economía circular y reduciendo la generación de residuos.

5 Mejorar procesos y equipos:

- A. Optimización de procesos: implementar mejoras en las plantas de producción, como la optimización de hornos y procesos de secado, para reducir el consumo de energía y las emisiones de carbono.
- B. Tecnologías avanzadas: adoptar tecnologías avanzadas (bat) en equipos y procesos industriales, como sistemas de control inteligente, sensores y automatización, para mejorar la eficiencia energética, reducir las emisiones y minimizar el consumo de recursos.

6 Fomentar la colaboración y compromiso:

- A. Colaboración con productores: colaborar estrechamente con los productores de materiales para especificar y promover el uso de materiales circulares y de bajo carbono en los proyectos de construcción, creando una demanda de productos más sostenibles.
- B. Prácticas laborales justas: comprometerse con prácticas laborales justas y equitativas en toda la cadena de suministro de materiales de construcción, garantizando condiciones de trabajo dignas y seguras para los trabajadores.

CONSTRUCCIÓN (EJECUCIÓN DE OBRA)

Una de las estrategias clave para mitigar las emisiones de GEI en la fase de construcción de un edificio o infraestructura es la electrificación de la maquinaria de construcción, pudiendo reducir las emisiones de CO₂ en un rango del 5% al 10% significativamente las emisiones directas de CO₂ y otros contaminantes atmosféricos (C40 Cities, 2020).

Además, la optimización y selección de materiales con baja intensidad de carbono juega un papel crucial en la descarbonización durante la ejecución de obra. La gestión eficiente de residuos también es esencial. La separación en origen de los residuos de construcción y demolición (RCD), junto con la clasificación adecuada en el sitio y la promoción de prácticas de reciclaje y reutilización, puede minimizar la cantidad de desechos enviados a vertederos y reducir las emisiones derivadas de la eliminación de residuos. (Geng et al., 2021).

Para proteger el entorno durante la ejecución de obra, es crucial implementar tecnologías y prácticas que minimicen la generación de polvo, la contaminación acústica y los vertidos de residuos peligrosos.

Durante estos procesos, son muchos los enfoques circulares, sostenibles y regenerativos que pueden mejorar la eficiencia general de los recursos del proceso, como se detalla a continuación:

OPORTUNIDADES DE DESCARBONIZACIÓN RELACIONADAS CON EL ESLABÓN DE PRODUCCIÓN (FABRICACIÓN DE MATERIALES Y SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS)

1 Cerrar el área y gestionar movimientos de personal y materiales:

- A. Minimizar el transporte de personal, vehículos y mercancías mediante la planificación adecuada.
- B. Implementar sistemas de riego por difusión para eliminar el polvo durante movimientos de tierra y demoliciones.

2 Gestionar el movimiento de tierras:

- A. Usar riego para eliminar el polvo generado por vehículos de obra.
- B. Establecer una zona para la limpieza de ruedas y llantas de los vehículos.
- C. Cubrir las cajas de los camiones con lonas, especialmente en zonas urbanas.
- D. Retirar y almacenar tierras superficiales útiles para jardinería o recuperación de suelos en caballones de menos de 2 metros de altura.
- E. Programar excavaciones para minimizar sobrantes y reutilizar tierras en el mismo emplazamiento.
- F. Evitar excedentes de tierra llevándolos a vertederos, reutilizando los volúmenes de tierra generados como relleno.

3 Proteger el entorno:

- A. Proteger adecuadamente el entorno de vertidos de residuos peligrosos, polvo y ruido.
- B. Utilizar plásticos y lonas impermeabilizantes en áreas con riesgo de vertido.
- C. Tener material absorbente en la obra para casos de vertido accidental.
- D. Realizar controles exhaustivos de los vertidos.
- E. Conectar los sanitarios provisionales a la red de saneamiento o utilizar sistemas de depuración específicos.

4 Gestionar la estructura de la construcción y trabajos de acabado:

- A. Establecer una zona específica para trabajos de corte con adecuada ventilación y sistemas de aspiración de polvo.
- B. Cubrir con lonas el perímetro de la obra para impedir la dispersión de polvo.
- C. Asegurar la calidad del hormigón mediante el control de dosificaciones y considerar el uso de hormigones con áridos reciclados.
- D. Optar por particiones y sistemas de montaje que permitan la durabilidad y facilidad de reutilización.
- E. Favorecer la prefabricación de componentes y la estandarización de elementos y procesos.
- F. Incentivar el uso de maquinaria eléctrica y el montaje en seco para facilitar el desmontaje y la reutilización.

5 Gestionar y prevenir residuos:

- A. Fomentar la compra de materiales en cantidad ajustada a las necesidades.
- B. Adecuar el almacenamiento de materiales para evitar su deterioro y rotura.
- C. Establecer una zona de corte cerrada y controlada para minimizar residuos.
- D. Separar los residuos según su posibilidad de valorización.
- E. Realizar jornadas informativas para sensibilización medioambiental del personal y subcontratistas.
- F. Señalizar contenedores con el tipo de residuo que pueden admitir.
- G. Prever un lugar adecuado para la clasificación y almacenamiento de residuos.

6 Mejorar la eficiencia energética y reducir emisiones:

- A. Usar equipos de construcción híbridos, electrificados y biocombustibles para reducir las emisiones.
- B. Implementar prácticas eficientes en el lugar de trabajo y la oficina.
- C. Electrificar todos los equipos de construcción y utilizar fuentes de energía renovable. Estimación de la reducción de emisiones:
 - Equipos de construcción híbridos: 5-10%.
 - Equipos enchufables híbridos: 5-10%.
 - Equipos electrificados: 5-10%.
 - Optimización del proceso de construcción: 0-5%.
 - Eficiencia en el lugar de trabajo/oficina: 0-5%.
 - Sustitución por biocombustible: 0-5%.

7 Obtener certificación y verificación verde:

- A. Exigir certificaciones verdes para materiales y procesos.
- B. Mandatar la verificación de procesos y emisiones por terceros independientes.

8 Mejorar la capacitación y prácticas laborales:

- A. Mejorar la capacitación de los trabajadores en prácticas sostenibles y eficientes.
- B. Comprometerse con prácticas laborales justas y equitativas en toda la cadena de suministro.

9 Fomentar la innovación y mejora continua:

- A. Promover proyectos piloto de implantación de libros digitales y pasaportes del edificio.
- B. Favorecer la manufactura circular y la prefabricación para reducir el impacto ambiental.
- C. Aumentar la financiación de proyectos que prioricen la eficiencia energética.
- D. Mejorar la financiación para la renovación y reutilización de materiales en edificios existentes.

10 Gestionar residuos y materiales en rehabilitación:

- A. Extender la vida útil de los edificios mediante la reparación, mantenimiento, y la planificación de un mantenimiento inteligente.
- B. Implementar soluciones de software para el uso eficiente de energía y modelos de uso flexible de espacios.
- C. Colocar mallas de seguridad y prever la retirada selectiva de residuos peligrosos en rehabilitaciones.

11 Adoptar prácticas de construcción sostenible:

- A. Minimizar el transporte durante la construcción mediante la planificación de los movimientos de personal, vehículos y mercancías.
- B. Estudiar y planificar los movimientos de personal, vehículos y mercancías en el sitio de construcción para optimizar la logística y reducir el impacto ambiental.
- C. Diseñar sistemas centralizados y zonificados de climatización eficientes con control individual para maximizar la eficiencia energética.
- D. Optimizar la orientación de las zonas del edificio considerando los requisitos de temperatura para mejorar la eficiencia energética.

USO, EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

La fase de uso y mantenimiento de los edificios es fundamental, ya que consume mucha energía y agua. En un enfoque circular, reducir estos consumos y minimizar residuos optimiza la eficiencia, baja los costos operativos y mejora el bienestar de los usuarios.

Es clave implementar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo basado en datos para mejorar la eficiencia de los sistemas y prolongar la vida útil de los edificios. Este enfoque promueve modelos de negocio centrados en la servitización, optimizando el diseño, uso y mantenimiento para reducir costos, consumo energético y emisiones.

La rehabilitación de edificios existentes es crucial, enfocándose en renovaciones que extiendan su vida útil y reduzcan la necesidad de nuevas construcciones. El reacondicionamiento energético circular, usando productos secundarios o subproductos, mejora la eficiencia energética de edificios antiguos y reduce residuos. Dispositivos inteligentes y análisis de datos permiten ajustar en tiempo real el consumo de energía y agua.

Aprovechar espacios infrautilizados para usos temporales aumenta su funcionalidad y apoya el desarrollo local. Además, soluciones basadas en la naturaleza, como pavimentos permeables y techos verdes, mejoran el entorno urbano y reducen la demanda energética.

OPORTUNIDADES DE DESCARBONIZACIÓN RELACIONADAS CON EL ESLABÓN DE USO, EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO

1 Fomentar la eficiencia energética y reducción del carbono:

- A. Adoptar códigos de energía de construcción que exijan materiales que permitan envolventes de alto rendimiento, reduciendo así el carbono operacional.
- B. Incentivar la renovación de edificios existentes sobre la construcción de nuevos.
- C. Seleccionar materiales que reduzcan el carbono operacional de los edificios.
- D. Monitorizar el uso de energía.
- E. Desarrollar herramientas financieras que incentiven la selección de materiales de bajo carbono, considerando la energía y los períodos de amortización de costes.
- F. Apoyar a propietarios de edificios y ocupantes en la selección de alternativas de bajo carbono mediante el desarrollo de la cadena de suministro.

2 Extender la vida útil mediante mantenimiento:

- A. Extender la vida útil de la infraestructura con mantenimiento predictivo.
- B. Aumentar la vida útil de los materiales mediante prácticas de mantenimiento de bajo carbono.
- C. Utilizar vehículos y maquinaria de bajas emisiones en el mantenimiento.
- D. Preferir la reparación y remodelación antes que la demolición.
- E. A medida que se utiliza el edificio o la infraestructura, cada renovación actualiza el modelo de información con los nuevos pasaportes de materiales. De esta manera se puede mantener un pasaporte de construcción continuo.
- F. Implementar un plan de mantenimiento preventivo y predictivo basado en análisis de datos para anticipar necesidades de reparación y maximizar la eficiencia de sistemas y equipos.
- G. Adoptar el mantenimiento circular para nuevos modelos de negocio basados en la servitización, optimizando el diseño, uso y mantenimiento de equipos, reduciendo costes, consumo energético y emisiones.
- H. Priorizar la renovación y remodelación para extender la vida útil de los edificios, utilizando tecnologías como BIM para optimizar la reparación y sustitución de materiales y componentes.

3 Gestionar materiales y residuos:

- A. Selección de materiales: locales, renovables, reciclados, reciclables, reusables, no tóxicos.
- B. La persona proyectista deberá reconocer materiales que no deben salir de obra y pueden ser reutilizados o manipulados para adaptarse a los nuevos usos.
- C. Hacer un inventario de los residuos peligrosos que se generarán, prever su retirada selectiva y asegurar su envío a gestores autorizados.
- D. Considerar el uso de materiales reciclados o de bajo carbono en las reparaciones.
- E. Priorizar productos secundarios o subproductos industriales en reacondicionamientos energéticos para evitar una mayor intensidad material y generación de residuos.
- F. Implementar soluciones basadas en la naturaleza (NBSs) para reducir los efectos de isla de calor, mejorar la biodiversidad y adaptarse al cambio climático.

4 Adoptar prácticas sostenibles de construcción:

- A. En los acabados interiores utilizar pintura plástica al agua lisa sin plomo ni COVs.
- B. Uso de madera certificada y/o reciclada.
- C. Aplicar soluciones de software inteligente y modelos de utilización flexible, como plataformas digitales o sistemas de producto-servicio, para optimizar el uso del espacio y extender la vida útil de los edificios.
- D. Ofrecer espacios infrautilizados para uso temporal o intermitente, aumentando su utilización y utilidad, apoyando la creación de empleo y el desarrollo económico en el territorio.
- E. Combinar el reacondicionamiento con NBS en áreas urbanas, como pavimentos permeables, techos verdes y plantación de árboles, para reducir riesgos de inundación, mejorar la calidad del agua y prevenir deslizamientos de tierra.

5 Optimizar y extender la fase de uso de los edificios:

- A. La reutilización, reparación y mantenimiento puede prolongar significativamente la vida útil de los edificios.
- B. Acciones como el mantenimiento regular, la climatización eficiente con energías renovables, la renovación y remodelación son fundamentales para extender la vida útil.
- C. El reacondicionamiento energético mejora la eficiencia energética de edificios antiguos, reduciendo emisiones y consumo de materiales.
- D. Combinar el reacondicionamiento con dispositivos inteligentes y análisis de datos permite a los inquilinos responder a cambios en tiempo real, reduciendo el consumo de energía y agua.

6 Mejorar la eficiencia energética y reducir el carbono:

- A. Adoptar códigos de energía de construcción que exijan materiales que permitan envolventes de alto rendimiento, reduciendo así el carbono operacional.
- B. Incentivar la renovación de edificios existentes sobre la construcción de nuevos.
- C. Seleccionar materiales que reduzcan el carbono operacional de los edificios.
- D. Monitorizar el uso de energía.
- E. Desarrollar herramientas financieras que incentiven la selección de materiales de bajo carbono, considerando la energía y los períodos de amortización de costes.
- F. Apoyar a propietarios de edificios y ocupantes en la selección de alternativas de bajo carbono mediante el desarrollo de la cadena de suministro.

7 Extender la vida útil mediante mantenimiento:

- A. Extender la vida útil de la infraestructura con mantenimiento predictivo.
- B. Aumentar la vida útil de los materiales mediante prácticas de mantenimiento de bajo carbono.
- C. Utilizar vehículos y maquinaria de bajas emisiones en el mantenimiento.
- D. Preferir la reparación y remodelación antes que la demolición.
- E. A medida que se utiliza el edificio o la infraestructura, cada renovación actualiza el modelo de información con los nuevos pasaportes de materiales. De esta manera se puede mantener un pasaporte de construcción continuo.

8 Gestionar materiales y residuos:

- A. Selección de materiales: locales, renovables, reciclados, reciclables, reusables, no tóxicos.
- B. La persona proyectista deberá reconocer materiales que no deben salir de obra y pueden ser reutilizados o manipulados para adaptarse a los nuevos usos.
- C. Hacer un inventario de los residuos peligrosos que se generarán, prever su retirada selectiva y asegurar su envío a gestores autorizados.
- D. Considerar el uso de materiales reciclados o de bajo carbono en las reparaciones.

9 Adoptar prácticas sostenibles de construcción:

- A. En los acabados interiores utilizar pintura plástica al agua lisa pintura sin plomo ni COVs.
- B. Uso de madera certificada y/o reciclada.

FIN DE VIDA

Las demoliciones tradicionales generan impactos negativos en el medio ambiente y en la gestión de materiales. Por eso, es vital replantear cómo manejamos el final de la vida de edificios e infraestructuras, optando por enfoques más sostenibles. La deconstrucción sostenible es una alternativa que desmonta edificios pieza por pieza para rescatar y reutilizar componentes.

Algunas prácticas clave incluyen:

- Diseño para deconstrucción: Planificar desde el inicio para facilitar la reutilización y el reciclaje.
- Demolición controlada: Usar explosiones controladas para desmantelar estructuras sin escombros descontrolados.
- Sistemas robóticos avanzados: Utilizar robots para desmontar edificios de manera segura y eficiente, facilitando la separación y reciclaje de componentes.
- Mercado de materiales reciclados: Vender materiales recuperados para fomentar una economía circular.
- Agentes de expansión química: Usar químicos que descomponen el concreto sin causar contaminación ambiental.

En la fase de fin de vida, mejorar la gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) es clave. Actualmente, muchos RCD se usan como relleno, se incineran o se envían a vertederos. Para mejorar esto:

- Infraestructura para reutilización: Crear instalaciones de reciclaje y reacondicionamiento conectadas para maximizar el uso de materiales.
- Innovación tecnológica: Desarrollar tecnologías para una gestión de residuos más eficiente, prohibir ciertos residuos en vertederos, y estandarizar materiales reciclados para mejorar su uso.

Estas estrategias ayudan a reducir residuos, conservar recursos y apoyar una urbanización más sostenible.

OPORTUNIDADES DE DESCARBONIZACIÓN RELACIONADAS CON EL ESLABÓN DE FIN DE VIDA

1 Elaborar la planificación y metodología de la demolición:

- Elaborar un plan de demolición que incluya métodos de demolición, estimaciones de tiempo y secuencias operativas, además del plan de seguridad y salud.
- Correlacionar tipologías de demoliciones con métodos adecuados para garantizar una ejecución segura y sostenible.
- Emplear maquinaria eléctrica durante las actividades de demolición para reducir las emisiones de carbono y mejorar la eficiencia energética.
- Aplicar una gestión que siga el principio de jerarquía, priorizando la reducción, reutilización y reciclaje de materiales antes de considerar la eliminación o disposición en vertederos.
- Regular la demolición para minimizar el desperdicio y promover la recuperación de materiales.
- Ofrecer incentivos económicos que promuevan la renovación de edificios existentes en lugar de la demolición, aumentando así la reutilización y el reciclaje de materiales.

2 Realizar auditorías y gestionar residuos peligrosos:

- Hacer un inventario de los residuos peligrosos que se generarán, prever su retirada selectiva y asegurar su envío a gestores autorizados.
- Retirar todos aquellos residuos especiales o peligrosos (amiante, tubos fluorescentes, refrigerantes, etc.) Antes de proceder al derribo, atendiendo a los criterios establecidos para su manipulación.
- Depositar los residuos peligrosos de manera separada en contenedores o en acopios independientes.
- Notificar al órgano ambiental correspondiente si se generan más de 1.000 toneladas al año de residuos no peligrosos.

3 Implementar deconstrucción selectiva:

- A. Seguir una secuencia de desmontaje y demolición: desmontar instalaciones eléctricas y fontanería, carpintería, falsos techos, revestimientos, tabiquería y cerramientos, demoler estructuras y cimientos.
- B. Realizar el depósito temporal de residuos de construcción y demolición (rcd) valorizables (maderas, plásticos, chatarra, etc.) En contenedores o en acopios señalizados y segregados del resto de residuos.
- C. Facilitar la recuperación de la fracción pétreo de los rcd para su reciclaje, optimizando el aprovechamiento de los áridos destinados a la construcción.
- D. Tener previsto el uso o el mercado de destino para los materiales recobrados antes del comienzo de la obra de demolición.
- E. Mejorar la recuperación y clasificación de materiales en el sitio de construcción para maximizar su reutilización y reciclaje.
- F. Certificar componentes reutilizados para garantizar su calidad y seguridad en la construcción.

4 Controlar el impacto ambiental durante la demolición:

- A. Utilizar mangueras de agua durante el derribo para evitar las emisiones excesivas de polvo.
- B. Clasificar los residuos de construcción y demolición (rcd) en categorías pétreas y mixtas o cerámicas para optimizar el proceso de reciclaje.
- C. Implementar métodos avanzados, como la separación por infrarrojos, para mejorar la separación del yeso, que es difícil de valorizar.

5 Reciclar y valorizar residuos:

- A. Incorporar áridos reciclados en aplicaciones donde se ajusten de manera óptima, maximizando su valor y funcionalidad.
- B. Incentivar el uso de materiales reciclados para reducir la dependencia de materias primas vírgenes y disminuir la cantidad de residuos de construcción y demolición (rcd) que van a vertederos.
- C. Fomentar el uso de productos que incorporen material reciclado y que estén certificados con etiquetas medioambientales.
- D. Promover modelos de negocio innovadores como el pago por uso y la servitización para incrementar la valorización de los residuos.
- E. Utilizar tecnologías densimétricas para mejorar la calidad de los rcd mixtos, facilitando su separación y reciclaje.
- F. Emplear rutas de tratamiento que utilicen abrasión y aditivos de nueva generación para reducir la absorción de agua en los materiales reciclados.
- G. Disminuir la necesidad de triaje manual para reducir los costes de procesamiento, mejorar la eficiencia y eficacia, y aumentar la seguridad y el confort de los trabajadores.
- H. Reconocer que las plantas de procesamiento fijas son más eficientes en términos de cantidad de rcd tratada por hora en comparación con otras configuraciones.
- I. Establecer códigos de construcción que fomenten la reutilización de materiales en lugar de la demolición.
- J. Estandarizar materiales de construcción para facilitar su reciclaje y reducir el desperdicio.
- K. Planificar ciudades que incorporen plantas de transferencia para facilitar la gestión y recuperación de materiales de construcción.
- L. Diseñar edificios y estructuras teniendo en cuenta el desmontaje y la reutilización de componentes.

4.3

Buenas prácticas en toda la cadena de valor del sector de la construcción

Política de contratación circular – Ámsterdam, Países Bajos

Ámsterdam ha integrado criterios de economía circular en sus procedimientos de licitación para el desarrollo de áreas y edificios. La Estrategia Circular 2020-2025 busca que todas las licitaciones en el entorno construido sean circulares para 2032. Aunque algunos proyectos empezaron a pequeña escala, los principios circulares ya se aplican en muchos procesos de contratación. Un ejemplo es la Hoja de Ruta para la Cesión de Terrenos Circulares, utilizada con éxito en varias licitaciones, incluida la del área portuaria de la ciudad. Desde enero de 2020, la ciudad también aplica la contratación circular a todo el mobiliario de oficinas. Además, los desarrollos en el área Zuidas se usan como proyectos piloto para aplicar criterios circulares, como materiales bio-basados y un mínimo del 30% de viviendas sociales.

Heidelberg materiales

Heidelberg ha establecido un marco de financiación verde y otro de financiación vinculada a la sostenibilidad para alinear sus necesidades financieras con su estrategia de sostenibilidad, buscando aumentar sus instrumentos financieros sostenibles a más del 70% para 2025. Marcos de este tipo pueden permitir la emisión de diversos instrumentos financieros, como bonos y préstamos, en diferentes formatos, y su diseño puede promover la reducción de emisiones de CO₂ y otros objetivos ambientales.



BIONANO 2.0. Diseño y construcción de una nanobiopila a escala piloto para la descontaminación de suelos mediante la aplicación conjunta de nanorremediación y biorremediación

Las empresas promotoras tienen el derecho de solicitar la implementación de técnicas viables y sostenibles durante la fase de diseño, con el objetivo de abordar la descontaminación del suelo. Se dispone de diversos métodos para este propósito, como la fitorremediación, la bioventilación y la extracción multifase, entre otros. Iragaz, la empresa detrás de BIONANO 2.0, se destaca por ofrecer opciones innovadoras y mejoradas para la recuperación de suelos in situ. En este proceso, se emplean técnicas de tratamiento del suelo respetuosas con el medio ambiente y no perjudiciales para los seres vivos. La elección de la técnica más adecuada se realiza siempre considerando las características específicas del emplazamiento (Ihobe, s.f.)

Remedisost : Diseño de una Metodología para La Evaluación de la Sostenibilidad de Planes de Remediación de Suelos

Remedisost se trata de una herramienta liderada por Gaiker y en la que han participado Neiker, Afesa y el BC3. Se trata de una metodología y una herramienta para la elaboración de estudios de alternativas de recuperación que integren aspectos técnicos, ambientales, económicos u otros que sean de interés para la reutilización de un suelo contaminado, evitando el trasvase de impactos entre etapas del ciclo de vida y reduciendo los impactos que se podrían generar (Ihobe, s.f.).

Concular: Plataforma digital para una construcción circular

La empresa Concular proporciona una forma simple, económica y medible de cerrar el ciclo para los materiales, de edificio a edificio. Concular hace digitales los edificios utilizando pasaportes para mantener los materiales y productos en circulación, ahorrando tiempo y costes. La cadena de valor circular extiende la vida útil de los recursos, reduciendo significativamente la demanda de recursos primarios.

Madaster. Base de datos de materiales sostenibles.

La plataforma en línea Madaster simplifica el uso circular de productos y materiales en la industria de la construcción. Actúa como un registro de materiales y productos en la industria de la construcción. Los algoritmos y la extensa base de datos de la plataforma facilitan la creación de un pasaporte de recursos de construcción basado en un modelo BIM o Excel. Este pasaporte se utiliza para documentar el grado en que una propiedad cumple con los principios circulares.

Nuevo Ayuntamiento de Venlo.

El Ayuntamiento de Venlo ha implementado principios de diseño “cradle-to-cradle” (C2C) en sus edificios, enfocándose en reutilizar o reciclar todos los recursos al final de su vida útil. Se priorizan materiales renovables y no tóxicos, y el diseño busca minimizar residuos, mejorar la ciclabilidad, y facilitar el desensamblaje.

Este enfoque ha aumentado el número de proveedores con procesos circulares y asegura que todos los productos sean reciclables o reutilizables. El modelo financiero proyecta un retorno de inversión de 16,9 millones de euros en 40 años, gracias a ahorros en energía, costos de ciclo de vida, y mejoras en la calidad del aire interior. Además, un contrato de recuperación garantiza que los muebles se recuperen después de 10 años por un valor residual del 18%.

Ecopuente desmontable

La empresa Viuda de Sainz ha desarrollado un puente modular que se desmantela el puente de manera limpia y reutilizarlo en otro lugar sin generar residuos (Ihobe, s.f.)

NATURBIDEAK: metodología que cuantifica los beneficios de soluciones basadas en la naturaleza

Numerosas ciudades están comprometidas con la implementación de estrategias de reverdecimiento y naturalización como parte de su enfoque para adaptarse a la emergencia climática. En el contexto del ayuntamiento de Donostia, el centro tecnológico Neiker ha encabezado el proyecto “Naturbideak” en colaboración con Tecnalia. Este proyecto ha desarrollado una metodología precisa para cuantificar los beneficios derivados de la implementación de soluciones naturales en la ciudad (Ihobe, s.f.).

LOOP aurum

El Grupo Lindner es un pionero en el campo de los productos circulares para el diseño de interiores. Un ejemplo destacado de esto es el panel de piso elevado LOOP aurum, que ha sido galardonado con la certificación Cradle to Cradle Certified® Gold. El LOOP aurum es un panel de piso elevado usado que es reacondicionado por Lindner y se le da un nuevo ciclo de vida. Para este propósito, Lindner ofrece un modelo de devolución o alquiler para los sistemas de piso y permite la reutilización o el uso adicional de los productos o materiales de construcción. De esta manera, el LOOP aurum puede ahorrar más del 70 por ciento de CO₂ en el proceso de fabricación, así como el 98 por ciento de gas y el 93 por ciento de agua.

Proyectos de impresión 3D.

Lurpelan ha dado pie al desarrollo de soluciones robotizadas para la impresión 3D in-situ de componentes estructurales para túneles. Estas soluciones presentan un impacto reducido en la huella de carbono en comparación con los métodos tradicionales en caso de requerir un mantenimiento exigente (Ihobe, s.f.).

Park 20|20

Es el primer entorno de trabajo inspirado en Cradle to Cradle™, un parque empresarial excepcionalmente sostenible. Cuenta con aproximadamente 88.000 m² de oficinas. Un proyecto desarrollado por Delta Development Group. Ámsterdam, de William MCDonough + Partners en 2017.

Rehaserv: Servicios de Rehabilitación de Edificios

Fhimasa ofrece un servicio denominado Rehaserv dirigido a la servitización en la rehabilitación de edificios, para la que se prevé una creciente demanda. Para ello, ofrecen un servicio “llave en mano” con el que quieren ofrecer las prestaciones óptimas para la inversión, el uso y el mantenimiento del edificio (Ihobe, s.f.).

Digidemo: Innovación en la Construcción con Tecnología BIM

La demolición juega un papel clave en la maximización de la circularidad de materiales y productos, requiriendo una base de información precisa. Los modelos digitales permiten visualizar la estructura, planificar y tomar decisiones informadas, incluso estimando los impactos ambientales. Un ejemplo es la empresa Lezama Demoliciones y su proyecto Digidemo, destacando en la implementación de tecnologías digitales para una demolición más eficiente y sostenible (Ihobe, s.f.).

Pasaporte de materiales para el diseño de edificios

El ayuntamiento de Brummen, Países Bajos, tiene un diseño estético y funcional con una vida útil de 20 años. Diseñado para ser un futuro almacén de materiales, emplea un diseño modular y duradero. Además, cuenta con el primer “pasaporte de materiales”, que detalla los componentes y su posible reutilización ((Ellen MacArthur Foundation, 2022).



5

**MATRIZ
MULTIPARAMÉTRICA**

5.1

Estructura de la matriz

La matriz multiparamétrica propuesta para las medidas de descarbonización del sector de la construcción se estructura en varias dimensiones clave que permiten abordar el desafío de manera integral y detallada.

- La primera dimensión considera la posición en la cadena de valor del sector de la construcción, lo que permite identificar medidas específicas para cada etapa del proceso. Estas etapas incluyen: general, promoción, diseño, producción, construcción, explotación y mantenimiento, y fin de vida.
- La segunda dimensión clasifica las medidas de descarbonización según su naturaleza. Estas categorías son: medidas metodológicas, que abarcan procedimientos y prácticas operativas; medidas tecnológicas, que incluyen innovaciones y tecnologías emergentes; medidas normativas, que se refieren a políticas y regulaciones; medidas económico-financieras, que consideran incentivos y modelos financieros; y medidas sociales, que involucran a la comunidad y aspectos sociales.

- El enfoque temporal planifica la implementación de medidas a corto, medio y largo plazo.
 - En el corto plazo (2025-2030): Adoptar y expandir rápidamente las soluciones listas para usar y crear las condiciones necesarias para la inversión en alternativas de bajo carbono a más largo plazo.
 - En el medio plazo (2030-2040): Tomar alternativas de bajo y cero carbono que estén madurando, y comenzar a usarlas en aplicaciones comerciales a través del sector para generar un cambio significativo.
 - En el largo plazo (2040 en adelante): Aumentar rápidamente la adopción y escala de todas las soluciones que el sector esté desplegando para acelerar hacia el cero neto.
- La matriz también aborda distintos subsectores dentro de la construcción, tales como infraestructura y obra civil, edificios e industria. Esta segmentación permite adaptar las medidas a las especificidades de cada tipo de proyecto constructivo.
- Para cuantificar el impacto de las medidas, la matriz incluye la capacidad de reducción de emisiones porcentaje de reducción de kg CO₂eq respecto al año base y el potencial máximo de abatimiento (t CO₂eq/año). Adicionalmente, se contemplan indicadores para medir el progreso y la efectividad de las medidas implementadas.
- Los retos específicos que podrían obstaculizar la implementación de las medidas se identifican.
- La factibilidad de implementación se evalúa considerando varios factores. En cuanto a la disponibilidad de tecnología y soluciones, se analizan las opciones para la producción de baja emisión, el potencial de reducción de emisiones, el nivel de preparación tecnológica (Technology Readiness Level, TRL), el cronograma de madurez, la competitividad, el impacto en el coste de producción, el despliegue y adopción. La evaluación sobre la infraestructura requerida también es un aspecto crucial.
- En términos de demanda del mercado, se consideran las dinámicas y tamaño del mercado, la volatilidad y elasticidad de precios, la disponibilidad y escalabilidad de sustitutos, la preparación del modelo de negocio y los estándares de productos. También se evalúa la demanda y cuota de mercado, el volumen y fuerza de señales de demanda, como regulación y contratación pública. Las políticas juegan un papel determinante, con la evaluación de políticas

específicas de la industria o producto, estándares de uso y adquisición pública, regulación de emisiones y productos, impacto y cobertura de políticas existentes, brechas de políticas, precios del carbono, mecanismos de ajuste en frontera por carbono, regulación pública, proyectos y acciones públicas, descuentos fiscales y subsidios.

- En cuanto al capital, se considera la capacidad de atraer y desplegar capital, la disponibilidad de del mismo, la rentabilidad y nivel de retorno, el costo del capital, la calificación crediticia, la sostenibilidad ambiental, social y de gobernanza (ESG), la escala de inversiones necesarias, el número de proyectos invertidos, la cantidad de capital verde (CapEx) invertido, la cantidad de bonos verdes, el monto de inversiones en I+D, el monto de inversiones de capital de riesgo, el monto de financiación gubernamental, el riesgo para inversores tempranos y la distribución geográfica de los activos.
- Involucra a todos los actores clave en el proceso de descarbonización (stakeholders)
- La matriz considera el coste económico asociado a cada medida en términos de €/t CO₂eq, así como los beneficios esperados en las áreas ambiental, económica y social. También se incluyen consideraciones adicionales y una serie de indicadores para evaluar el impacto de las medidas, como las emisiones de CO₂ (kg/tCO₂e), las materias primas utilizadas (t, m³), los materiales reciclados utilizados (t, m³), los residuos producidos (t, m³), el uso de suelo no urbanizado (ha), los impactos en el almacenamiento y sumideros de carbono (tCO₂e/año) y el presupuesto (+/- €).

Esta matriz multiparamétrica ofrece un marco detallado y exhaustivo para la planificación, implementación y monitoreo de las medidas de descarbonización en el sector de la construcción, asegurando una transición efectiva hacia una economía baja en carbono.

1 Posición en la cadena de valor:

- A. Planificación
- B. Promoción
- C. Diseño
- D. Producción
- E. Construcción
- F. Explotación y mantenimiento
- G. Fin de vida

2 Tipología de medidas:

- A. Medidas Metodológicas
- B. Medidas Tecnológicas
- C. Medidas Normativas
- D. Medidas Económico-Financieras
- E. Medidas Sociales

3 Alcance temporal.

- A. El corto plazo (2025 – 2030) se trata de adoptar y expandir rápidamente las soluciones listas para usar y crear las condiciones necesarias para la inversión en alternativas de bajo carbono a más largo plazo.
- B. El medio plazo (2030 – 2040) se trata de tomar alternativas de bajo y cero carbono que estén madurando, como el cemento y acero de bajo carbono o los biomateriales, y comenzar a usarlas en aplicaciones comerciales a través del sector para generar un cambio significativo.
- C. El largo plazo (2040 en adelante) se trata de aumentar rápidamente la adopción y escala de todas las soluciones que el sector esté desplegando para acelerar hacia el cero neto.

4 Subsector.

- A. Infraestructura / obra civil.
- B. Edificios
- C. Industria

5 Capacidad de reducción de emisiones

- A. % Reducción de Kg CO₂eq respecto al año base
- B. Potencial máximo de abatimiento (t CO₂eq/año)

6 Alcance temporal.

- A. Disponibilidad de tecnología/solución: Opciones tecnológicas para reducir emisiones y su capacidad de implementación. Nivel de preparación (TRL) y cronograma para madurez tecnológica. Impacto en costes, competitividad y despliegue de la tecnología.
- B. Infraestructura: Requisitos de infraestructura necesarios para el futuro. Inversiones necesarias para infraestructura con capacidad adecuada para 2050. Nivel actual y proyectado de despliegue de la infraestructura.
- C. Demanda del mercado: Dinámicas y tamaño del mercado para productos de baja emisión. Influencia de precios y disponibilidad de sustitutos. Demanda y cuota de mercado de productos verdes, incluyendo regulación y señales de demanda.
- D. Normativa y políticas relacionadas: Políticas específicas y estándares que afectan a la industria/producto. Regulación de emisiones y precios del carbono. Incentivos, penalizaciones y proyectos públicos que influyen en la competitividad y adopción tecnológica.
- E. Capital: Capacidad de atraer y disponer de capital adecuado, considerando la sostenibilidad ESG. Costes, retornos y distribución del capital invertido en tecnologías verdes. Escala de inversiones necesarias y fuentes de financiación.

7 Stakeholders

- A. Reguladores/certificadores
- B. Inversores/financiadores
- C. Empresas promotoras
- D. Ingenierías, estudios de arquitectura, diseñadores y consultorías
- E. Fabricantes de materiales
- F. Fabricantes de equipos/maquinaria
- G. Empresas constructoras
- H. Propietarios y operadores
- I. Gestores autorizados
- J. Ciudadanía / usuarios finales
- K. Investigación y academia
- L. Compañías de energía

8 Coste económico:

- A. Coste [€/t CO₂eq]

9 Indicadores:

- A. Emisiones de CO₂ (kg/tCO₂e)
- B. Materias primas utilizadas (t, m³)
- C. Materiales reciclados utilizados (t, m³)
- D. Residuos producidos (t, m³)
- E. Uso de suelo no urbanizado (virgen) (ha)
- F. Impactos en el almacenamiento y sumideros de carbono (tCO₂e/año)
- G. Presupuesto (+- €)

10 Retos específicos

11 Beneficios:

- A. Ambientales
- B. Económicos
- C. Sociales

12 Consideraciones adicionales

5.2

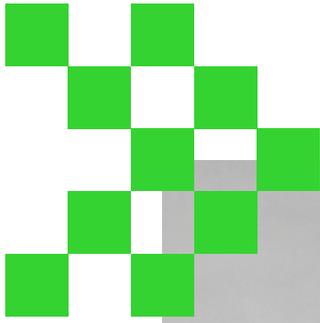
Acceso a matriz multiparamétrica

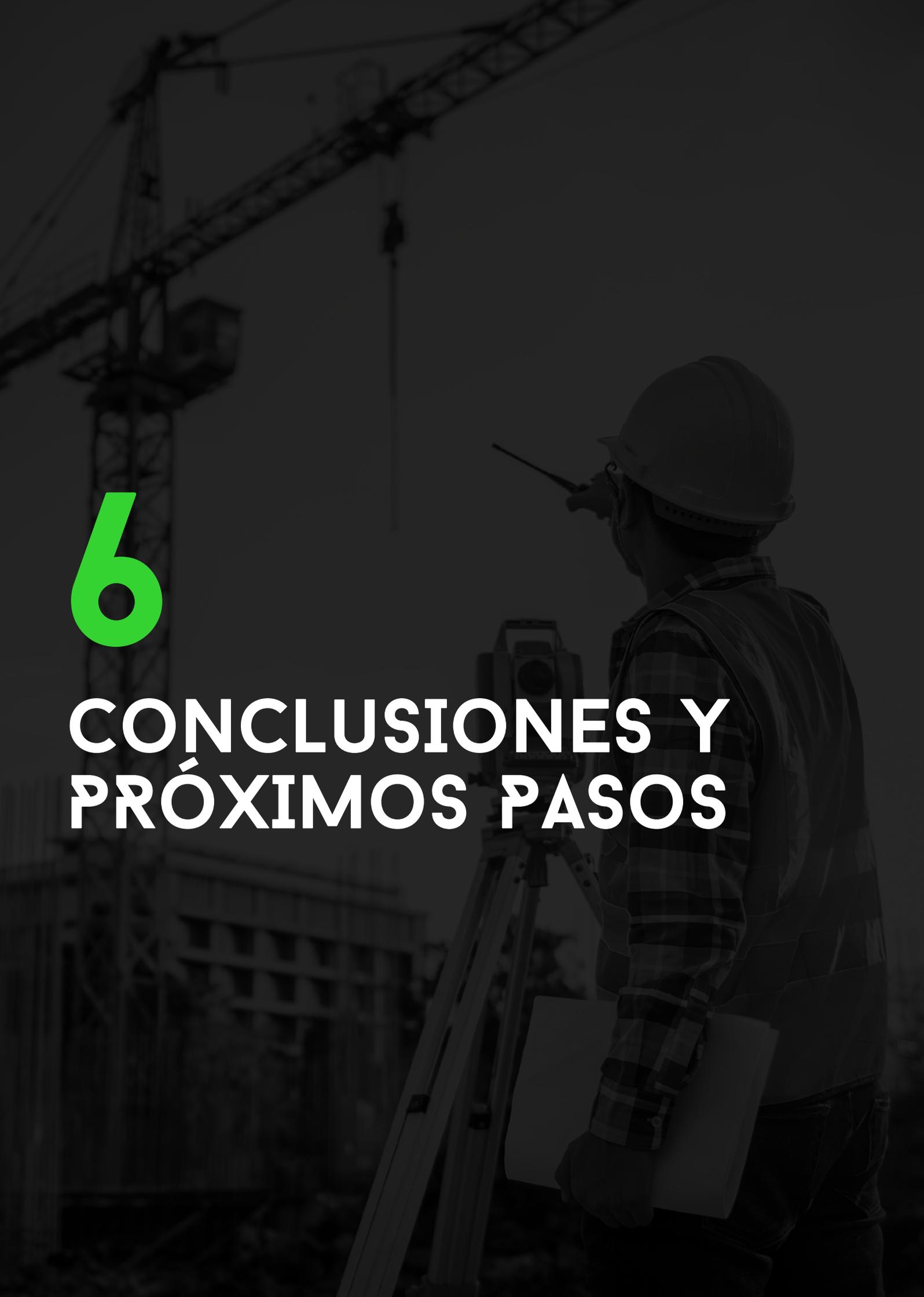
Este apartado ofrece acceso a la matriz multiparamétrica mencionado en el apartado 5.1. La matriz, diseñada en formato Excel, ha sido desarrollada como complemento esencial de este libro para facilitar la búsqueda, análisis y selección de medidas de descarbonización en el sector de la construcción. Su uso permitirá a la persona usuaria explorar de manera detallada y organizada las diferentes dimensiones clave, como las etapas de la cadena de valor, las categorías de medidas y el enfoque temporal para su implementación.

Para acceder a este recurso interactivo y descargable, simplemente **escanea o clicas el código QR**. Con este acceso, tendrás a tu disposición una herramienta dinámica que te ayudará a evaluar las opciones más adecuadas según tus necesidades y proyectos, promoviendo una toma de decisiones más informada y eficiente en el camino hacia la descarbonización.



DESCARGAR
MATRIZ ↓





6

CONCLUSIONES Y PRÓXIMOS PASOS

Descarbonizar el sector de la construcción en Gipuzkoa para 2050 es un reto urgente y una oportunidad de transformación, dado su alto impacto en las emisiones de gases de efecto invernadero. Este libro blanco presenta un plan para alcanzar la neutralidad de carbono, con hitos clave para 2030, 2040 y 2050.

Para 2030, Gipuzkoa debe reducir significativamente las emisiones mediante políticas estrictas, actualización de códigos de construcción, y promoción de prácticas sostenibles y eficiencia energética. La implementación de tecnologías como BIM e impresión 3D, junto con la colaboración público-privada y políticas de incentivos, será crucial.

Para 2040, el sector debe integrar plenamente tecnologías y prácticas sostenibles, como cementos de baja emisión y economía circular. La captura de carbono, electrificación de procesos y uso de energías renovables deben ser comunes, con edificios nuevos neto cero en carbono y mejoras en la eficiencia energética de edificios existentes.

Para 2050, el objetivo es un sector completamente neutral en carbono, utilizando energías renovables y compensando todas las emisiones residuales con tecnologías de captura de carbono. La sostenibilidad debe ser una norma en la industria y la sociedad, apoyada por la educación y la colaboración internacional.

La descarbonización del sector de la construcción en Gipuzkoa para 2050 es ambiciosa pero alcanzable. Con un enfoque en la acción inmediata, la integración de tecnologías avanzadas, la innovación en materiales y la colaboración continua, Gipuzkoa puede liderar el camino hacia un futuro sostenible y resiliente. Los esfuerzos colectivos hacia la neutralidad de carbono no solo mitigarán el impacto del cambio climático sino que también impulsarán la economía local hacia nuevas oportunidades y mercados sostenibles.

EL COSTE DE LA INACCIÓN

La inacción frente al cambio climático, especialmente en el sector de la construcción, implica altos costos económicos, sociales y ambientales. No adaptarse a las condiciones climáticas futuras y no utilizar tecnologías eficientes eleva los gastos operativos, aumenta las emisiones de carbono y afecta la calidad de vida y la durabilidad de los edificios. Además, los edificios ineficientes son más vulnerables a eventos climáticos extremos, generando mayores costos de reparación y mantenimiento.

La falta de acción también profundiza las desigualdades sociales, afectando especialmente a las comunidades de bajos ingresos que viven en viviendas menos resistentes. Invertir en viviendas sostenibles no solo mejora la equidad social, sino que también reduce costos energéticos y aumenta la resiliencia comunitaria.

Los eventos climáticos extremos, como huracanes e inundaciones, están en aumento, y los edificios no preparados enfrentan riesgos mayores y mayores costos de reparación. La resiliencia de las infraestructuras es crucial tanto para la economía como para el medio ambiente.

Inversiones en resiliencia y tecnologías de bajo carbono, como sistemas de alerta y materiales reciclables, pueden generar beneficios económicos significativos. Desarrollar políticas que fomenten el uso de materiales sostenibles y tecnologías verdes es clave para reducir la huella de carbono del sector de la construcción. Adaptar modelos de negocio y ofrecer incentivos económicos también acelerará la transición hacia una construcción más sostenible.

Actuar ahora no solo mitiga los efectos negativos del cambio climático, sino que también ofrece beneficios económicos y sociales, reduciendo desigualdades y promoviendo un futuro más sostenible.



7

ANEXOS

7.1

Anexo I *Marco Normativo*

UNIÓN EUROPEA

El Pacto Verde Europeo (European Green Deal), un paquete de iniciativas políticas aprobado en 2019, busca garantizar que haya cero emisiones netas de GEI en 2050, disociar el crecimiento económico del uso de recursos y asegurar que ninguna persona ni lugar se quede atrás (Comisión Europea, 2019).

En dicha propuesta, se establece también el compromiso de aumentar el objetivo de reducción de emisiones de GEI de la Unión UE para 2030 y se subraya la necesidad de adoptar un enfoque holístico e intersectorial en el que todos los ámbitos de actuación pertinentes contribuyan al objetivo climático final. El paquete incluye iniciativas que abarcan el clima, el medio ambiente, la energía, el transporte, la industria, la agricultura y las finanzas sostenibles, todas ellas estrechamente relacionadas (Comisión Europea, 2019).

En este último lustro, la implementación del mismo ha obligado a una revisión profunda de las prácticas de construcción, promoviendo la eficiencia energética, el uso de materiales sostenibles y la reducción de la huella de carbono en todas las fases de la cadena de valor, desde la planificación y el diseño hasta la demolición y el reciclaje. Además, ha fomentado la adopción de estándares ambientales, económicos y sociales más estrictos a través de incentivos y regulaciones. Esto no solo pretende ayudar a mitigar el impacto climático, sino que también busca abrir nuevas oportunidades de mercado y mejorar la competitividad global de las empresas europeas.

PAQUETE FIT FOR 55

En septiembre de 2020, se propuso elevar el objetivo de reducción de emisiones al 55% para 2030 en la Unión Europea. No obstante, la legislación vigente no resultaba suficiente para cumplir con los compromisos internacionales de la UE, por lo que la Comisión sugirió modificar la legislación en energía y clima mediante este paquete, también llamado Objetivo 55. Este paquete no solo aumenta el objetivo de reducción de emisiones, sino que también establece metas del 40% en energías renovables (objetivo anterior del 32%) y una mejora de la eficiencia energética en un 36% de la energía final (CEOE, 2022; Tagliapietra et al., 2023).

En paralelo, la Comisión también presentó una propuesta de enmienda de la Ley Europea del Clima, formalmente como Regulación (UE) 2021/1119, y aprobada en junio de 2021 (Szyrski, 2023).

El Fit for 55 incluye 14 propuestas para reducir emisiones en sectores regulados y nuevos del sistema de comercio de derechos de emisión (Figura I), revisa el Reglamento de reparto de esfuerzo en sectores difusos y modifica normativas de sumideros. Adicionalmente, propone ajustes en energía, combustibles sostenibles y transporte. A continuación, se analizan las medidas clave del paquete, enfocadas en la reducción de gases de efecto invernadero que afectan al sector de la construcción.



Figura I. Elementos esenciales del paquete Fit for 55 en detalle

Fuente: Elaboración propia basado en CEOE

NORMATIVA ENERGÉTICA DERIVADA DEL PAQUETE FIT FOR 55

La política energética de la Unión se basa en los principios de descarbonización, competitividad, seguridad del abastecimiento y sostenibilidad. Sus objetivos incluyen garantizar el funcionamiento del mercado de la energía y un abastecimiento energético seguro para toda la UE, así como promover la eficiencia y el ahorro energéticos, el desarrollo de las energías renovables y la interconexión de las redes energéticas. El núcleo de la política energética de la Unión está constituido por una serie de medidas destinadas a lograr una Unión de la Energía plena (Parlamento Europeo, 2017).

— REVISIÓN DE LA DIRECTIVA EUROPEA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS (EPBD)

El Parlamento Europeo aprobó la nueva versión de la Directiva de Eficiencia Energética de Edificios (EPBD). Esta normativa deberá ser incorporada a la legislación nacional en un plazo de 24 meses, por lo que se espera que sea obligatoria a partir de 2026. En España, se integrará a través de la revisión del Código Técnico de la Edificación y otras normativas relacionadas (BPIE, 2024).

La versión definitiva mantiene los objetivos principales de los borradores anteriores, pero omite estrategias específicas para su implementación, como la prohibición de alquilar o vender inmuebles con bajo rendimiento energético a partir de 2030. Será responsabilidad de cada país definir su plan de acción para cumplir con los objetivos (Dodd et al., 2021).

La Directiva se centra en mejorar la eficiencia energética tanto en construcciones nuevas como existentes y fomentar el uso de tecnologías limpias, avanzando hacia una menor dependencia de los combustibles fósiles. Introduce herramientas como el registro digital del edificio, el pasaporte de renovación, y el estándar de construcción de cero emisiones. También incluye la medición de la huella de carbono a partir de 2028, algo que ya están implementando países como Francia y Dinamarca (BPIE, 2024).

En España, aún no hay un marco reglamentario para medir la huella de carbono de los edificios, pero se espera que se desarrolle antes de 2027. Las organizaciones pueden adelantar estos pasos si desean contribuir a los objetivos climáticos, en línea con iniciativas como el New European Bauhaus y el Marco Level(s) (Dodd et al., 2021).

— REVISIÓN DE LA DIRECTIVA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA (EED)

La eficiencia energética es clave en la estrategia europea de descarbonización, ya que reduce las emisiones de GEI y ayuda a desvincular el crecimiento económico del consumo de recursos. Además, combate la pobreza energética y mitiga el impacto del aumento de los costes energéticos.

La Directiva de Eficiencia Energética revisada (EU/2023/1791) eleva la ambición de la UE al establecer “la eficiencia energética primero” como principio legal. Esto obliga a los países de la UE a considerar la eficiencia energética en todas las políticas y decisiones de inversión. La Directiva requiere una reducción del consumo de energía del 11.7% para 2030, con un consumo límite de 763 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) (Comisión Europea, 2024; Eurelectric, 2021).

Para alcanzar el objetivo global de duplicar la tasa de mejora en eficiencia energética a más del 4% para 2030, los países de la UE establecerán contribuciones nacionales basadas en criterios como la intensidad energética y el PIB per cápita. La Comisión comunicará las contribuciones nacionales corregidas en marzo de 2024, que se integrarán en los planes nacionales de energía y clima (Comisión Europea, 2024; Eurelectric, 2021).

El sector público deberá reducir su consumo energético en un 1.7% anual y renovar el 3% de sus edificios anualmente. También se refuerzan las disposiciones sobre contratación pública para incluir requisitos de eficiencia energética y el potencial de calentamiento global. Los Estados miembros deben implementar estas disposiciones antes de enero de 2025 (Comisión Europea, 2024; Eurelectric, 2021).

Los Estados miembros deberán adoptar las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a estas exigencias antes de enero de 2025.

— REVISIÓN DE LA DIRECTIVA DE RENOVABLES (RED)

El sector energético es responsable de más del 75 por ciento de las emisiones de GEI de la UE. El desarrollo de energías renovables en los sectores económicos de Europa es crucial para garantizar sistemas energéticos integrados, eficientes y sostenibles, asegurando así la neutralidad climática del continente. La Directiva sobre Energías Renovables (RED) es la principal política para la producción y promoción de energía a partir de fuentes renovables (KPMG International, 2022).

El 12 de septiembre de 2023, el Parlamento Europeo adoptó la RED III. La versión anterior de la Directiva (RED II) entró en vigor en 2018 y ha sido legalmente vinculante desde junio de

2021. En julio de 2021, la Comisión propuso una revisión de la Directiva, elevando el objetivo de energía renovable para 2030 del 32% al 40%. Menos de un año después, tras la invasión de Ucrania por parte de Rusia y la necesidad de acelerar la independencia de la UE respecto a los combustibles fósiles, la Comisión propuso aumentar aún más el objetivo al 45% para 2030. El texto adoptado por el Parlamento y el Consejo refleja el acuerdo político alcanzado el 30 de marzo de 2023 (Comisión Europea, 2024; RICS, 2023).

En el sector industrial, la RED III exige un aumento anual del 1.6% en el uso de energía renovable. Los Estados miembros deben asegurar que al menos el 42% del hidrógeno utilizado para fines energéticos y no energéticos en la industria provenga de combustibles renovables de origen no biológico (RFONBOs) para 2030, y el 60% para 2035. Los Estados miembros pueden reducir la contribución de los RFONBOs en el uso industrial en un 20% si su contribución nacional al objetivo vinculante general de la UE se cumple y la proporción de hidrógeno de combustibles fósiles no supera el 23% en 2030 y el 20% en 2035 (Rescoop, 2024).

En cuanto al sector de los edificios, las nuevas normas establecen un objetivo indicativo de al menos el 49% de energía renovable en edificios para 2030. Los objetivos de energía renovable para los sistemas de calefacción y refrigeración aumentarán gradualmente, con un incremento vinculante del 0.8% por año a nivel nacional hasta 2026 y del 1.1% desde 2026 hasta 2030. La tasa mínima promedio anual aplicable a todos los Estados Miembros se complementa con aumentos indicativos adicionales calculados específicamente para cada Estado Miembro.

HECHOS CLAVE

Líder mundial

La UE lidera el desarrollo tecnológico en energías renovables

23%

Cuota de energías renovables en el consumo de energía de la UE en 2022

Al menos el 42,5%

El nuevo objetivo vinculante de energías renovables para 2030

— REVISIÓN DE LA DIRECTIVA DE FISCALIDAD ENERGÉTICA (ETD)

En julio de 2021, la Comisión Europea presentó una propuesta de revisión de la Directiva sobre la fiscalidad de la energía de 2003 como parte del paquete Fit for 55. El objetivo principal es promover tecnologías limpias, aumentar la eficiencia energética y eliminar exenciones y tipos reducidos que fomentan el uso de combustibles contaminantes. Además, la propuesta busca actualizar la cobertura de los productos energéticos y adaptarse a los desarrollos recientes en el mercado energético.

La propuesta se centra en tres pilares. Primero, ayudar a cumplir los objetivos medioambientales de la Unión Europea para 2030 y 2050, armonizando la imposición de productos energéticos y electricidad con las políticas comunitarias en energía, medio ambiente y clima. Segundo, actualizar el ámbito de aplicación y la estructura de los tipos impositivos, racionalizando el uso de exenciones y reducciones fiscales. Tercero, mantener la capacidad de generar ingresos para los presupuestos de los Estados miembros (Comisión Europea, 2021).

Los cambios propuestos incluyen una imposición basada en el contenido energético en lugar del volumen, la eliminación de incentivos para el uso de combustibles fósiles, y la introducción de una clasificación de tipos impositivos en función del desempeño ambiental, simplificando la estructura impositiva vigente (Alonso-Epelde et al, 2022). La implementación de impuestos sobre el carbono y otros impuestos medioambientales tiene el potencial de reducir emisiones y fomentar la innovación tecnológica en energías renovables. Estudios indican que un diseño adecuado de estos impuestos puede mejorar tanto el medio ambiente como la actividad económica en el mediano plazo (Estrada & Santabárbara, 2021).

— ESTRATEGIA RENOVATION WAVE

La estrategia Renovation Wave, lanzada por la Comisión Europea en octubre de 2020, busca duplicar las tasas de renovación de edificios para 2030, aumentando la eficiencia energética y optimizando el uso de recursos. Se proyecta que esta iniciativa rehabilitará hasta 35 millones de edificios y creará 160,000 empleos verdes en el sector de la construcción. La rehabilitación profunda es esencial para reducir drásticamente la demanda energética y alcanzar la meta de un parque de edificios descarbonizado para 2050 (Comisión Europea, 2020; BPIE, 2020).

Actualmente, solo el 0,2% - 0,5% del parque inmobiliario de la UE ha pasado por renovaciones integrales que reducen el consumo energético en al menos un 60% (Aguirre et al., 2024).

Según datos del Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España (CSCAE), la nueva Directiva de Eficiencia Energética de Edificios (EPBD) podría aumentar hasta doce veces esta tasa de rehabilitación en los próximos años. En España, la tasa de renovación anual es del 0,2%, muy por debajo del objetivo del 3% y comparada con el 2% en países como Noruega y Francia. Para cumplir con los compromisos de la UE para 2030, España debería rehabilitar 150,000 viviendas anualmente (CSCAE; Aguirre et al., 2024).

Lograr este incremento requiere una transformación profunda y sistemática de las políticas de renovación actuales, adoptando un modelo en el que cada actor de la cadena de valor sepa qué hacer y cómo ejecutarlo. Esto implica no solo intensificar las acciones, sino también implementar un amplio espectro de incentivos y apoyos financieros significativos que estimulen la rehabilitación edificatoria a los niveles exigidos (Aguirre et al., 2024).

— PLAN REPOWEREU

El Plan para poner fin a la dependencia de la UE con respecto a los combustibles fósiles rusos (REPowerEU), tiene como objetivo poner fin a la dependencia de los combustibles fósiles de Rusia y abordar la crisis climática. Para ello, el plan incluye medidas para aumentar el ahorro de energía mediante la eficiencia energética (a largo plazo) y cambios en el comportamiento energético (a corto plazo).

Para diversificar el suministro de energía, la Comisión ha creado la Plataforma Europea para el Abastecimiento de Energía, que facilita la adquisición conjunta de gas, gas natural licuado (GNL) e hidrógeno renovable. Este esfuerzo busca reducir la dependencia energética de Rusia y asegurar el suministro en los Estados Miembros. También se fomentarán asociaciones a largo plazo con proveedores y la cooperación en tecnologías ecológicas, como el hidrógeno (Comisión Europea, 2022).

El despliegue acelerado de energías renovables es otro pilar del plan, aumentando el objetivo de energías renovables al 45% para 2030. Se impulsará una Estrategia de Energía Solar para duplicar la capacidad solar fotovoltaica y se promoverá la instalación de paneles solares en edificios nuevos. Además, se propone duplicar el despliegue de bombas de calor e integrar la energía geotérmica y solar térmica en sistemas de calefacción urbana. La Comisión también emitirá recomendaciones para agilizar los permisos de proyectos de energías renovables y reconocer su interés público, facilitando así la transición energética (Tubiana et al., 2022).

REVISIÓN DEL COMERCIO DE DERECHOS DE EMISIÓN DERIVADO DEL PAQUETE FIT FOR 55

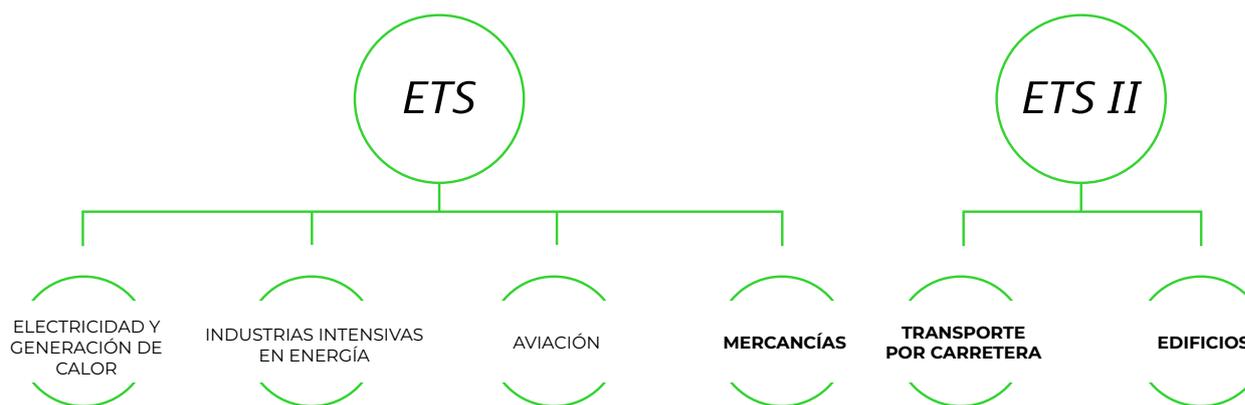
— SEGUNDO SISTEMA DE COMERCIO DE EMISIONES DE LA UE (EU ETS2)

El Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la UE (EU ETS) obliga a los sectores más contaminantes a comprar certificados para compensar sus emisiones de CO₂, logrando una significativa reducción en la última década, especialmente en el sector eléctrico. Sin embargo, otros sectores no han avanzado igual de rápido. Para abordar esto, la UE lanzará en 2027 un nuevo sistema, EU ETS 2, para reducir las emisiones de combustibles en edificios, transporte y pequeñas industrias (ver figura II). (Comisión Europea, 2023).

El EU ETS 2, que comenzará a operar en 2027, utilizará un enfoque “cap-and-trade” y distribuirá permisos solo mediante subastas y se adelantará un volumen adicional de subastas en 2027 para asegurar un inicio suave del sistema. Además, contará con una reserva de estabilidad del mercado para mitigar la insuficiencia o el exceso de oferta de permisos. Su objetivo es reducir las emisiones en un 42% para 2030 en comparación con 2005. Además, incluirá una reserva de estabilidad del mercado para equilibrar la oferta y demanda de permisos (Mandaroux et al., 2023).

Este nuevo régimen complementará otras políticas del Pacto Verde Europeo y ayudará a alcanzar los objetivos de reducción de emisiones establecidos en el Reglamento de Reparto del Esfuerzo (Reglamento (UE) 2018/842). Se espera que este sistema modifique comportamientos y fomente la innovación en los sectores involucrados, contribuyendo significativamente a la reducción de emisiones GEI (Mandaroux et al., 2023).

Parte de los ingresos se destinará a un Fondo Social para el Clima, apoyando a hogares vulnerables y microempresas (Comisión Europea, 2023). El ETS 2 es un paso importante hacia una economía más sostenible, extendiendo la regulación de emisiones a nuevos sectores y promoviendo una transición equitativa.



Nota: Los nuevos mecanismos y sectores están en negrita

Figura I. Sectores afectados por la fijación del precio al carbono en la UE

Fuente: Elaboración propia con datos de la Comisión Europea

— MECANISMO DE AJUSTE EN FRONTERA POR CARBONO (CBAM)

La ambición climática en la UE está en aumento, con políticas cada vez más estrictas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (Comisión Europea, 2023). Sin embargo, mientras existan países con políticas climáticas más flexibles, hay un riesgo de que las empresas con alta contaminación trasladen su producción a esos lugares, evadiendo así las regulaciones más estrictas de la UE (MITERD, s.f.).

Para contrarrestar esta posibilidad, se ha introducido el Mecanismo de Ajuste en Frontera por Carbono (CBAM, por sus siglas en inglés “Carbon Border Adjustment Mechanism”). Este mecanismo impondrá un precio justo a las emisiones generadas en la producción de bienes importados a la UE, con el objetivo de incentivar una producción industrial más limpia en los países no pertenecientes a la Unión (Ministerio de Hacienda, 2024).

El CBAM está diseñado para trabajar en conjunto con el Sistema de Comercio de Emisiones de la UE (EU ETS) para reducir las emisiones y evitar la fuga de carbono. Aunque existen otras normativas relevantes, como la Directiva de Energías Renovables (RED) y la Directiva de Eficiencia Energética (EED), así como varios programas de financiación, el EU ETS y el CBAM son considerados los principales instrumentos para la descarbonización de la industria en la UE (ERCST, 2023).

El CBAM se implementará inicialmente de manera transitoria desde octubre de 2023 hasta finales de 2025. Este periodo

transitorio servirá como fase piloto, aplicándose únicamente a ciertos bienes como cemento, hierro, acero, aluminio, fertilizantes, electricidad e hidrógeno (Ministerio de Hacienda, 2024). Durante este tiempo, los importadores deberán notificar las emisiones de GEI asociadas a sus importaciones, tanto directas como indirectas, sin efectuar pagos o ajustes financieros (Ministerio de Hacienda, 2024). A partir de 2026, el CBAM se introducirá de manera definitiva, con un sistema en el que solo los declarante autorizados podrán importar mercancías. Estos declarantes deberán registrarse ante las autoridades nacionales y comprar certificados CBAM a precios basados en los derechos de emisiones establecidos por el EU ETS, asegurando que el precio del carbono de las importaciones sea comparable al de la producción nacional (Ministerio de Hacienda, 2024).

RÉGIMEN DEFINITIVO CBAM (A PARTIR DE 2026)



Los importadores de bienes cubiertos por CBAM en la UE se registrarán ante las autoridades nacionales, donde también podrán comprar certificados CBAM. El precio de los certificados se calculará en función del precio medio semanal de subasta de los derechos del RCDE UE expresado en €/tonelada de CO₂ emitida.



Los importadores de la UE declararán las emisiones implícitas en sus importaciones y entregaran el número correspondiente de certificados cada año.



Si los importadores pueden demostrar que ya se pagó un precio del carbono durante la producción de los bienes importados, se puede deducir el monto correspondiente.

TAXONOMÍA EUROPEA

La Taxonomía Europea, adoptada en junio de 2020, es un reglamento que establece una clasificación uniforme en toda la UE para identificar qué actividades económicas, incluida la edificación, pueden considerarse sostenibles. Las instituciones financieras se están preparando para el aumento de demanda en las inversiones sostenibles, por lo que están estableciendo procesos para adjudicación de fondos resilientes y aptos para futuras regulaciones (Comisión Europea, 2023a). Esta clasificación busca no solo mejorar la transparencia y reducir el blanqueo ecológico (greenwashing), sino también impulsar la

inversión en actividades alineadas con los objetivos ambientales de la UE (Comisión Europea, 2023a).

Para que una actividad sea considerada sostenible bajo la Taxonomía, debe contribuir significativamente a al menos uno de los seis objetivos ambientales establecidos

- La mitigación del cambio climático
- Adaptación al cambio climático
- Uso sostenible y protección del agua y de los recursos marinos
- Transición hacia la economía circular
- Prevención y reducción de la contaminación ambiental
- Protección y recuperación de la diversidad biológica y de los ecosistemas

Además, la actividad no debe causar perjuicio significativo a ninguno de estos objetivos y debe cumplir con ciertos estándares éticos y laborales (Comisión Europea, 2023a).

Actualmente, la Taxonomía cubre sectores que representan el 93,5% de las emisiones directas de gases de efecto invernadero (GEI) en la UE. En el sector de la construcción, se han incluido criterios específicos relacionados con la construcción de nuevos edificios, rehabilitación, mantenimiento, adquisición y propiedad de edificios, y servicios profesionales relacionados. Esta inclusión pretende aumentar la transparencia en la clasificación de actividades sostenibles y fomentar la correcta aplicación de los criterios de sostenibilidad (Green Building Council España, 2021, 2023).

Además, la Taxonomía Europea se integra con la directiva CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive), adoptada en noviembre de 2022, que exige a las empresas presentar informes de sostenibilidad basados en los nuevos estándares e indicadores ESRS (European Sustainability Reporting Standards). Estos estándares buscan estandarizar la presentación de informes no financieros, eliminando la dependencia de marcos nacionales o iniciativas previas como Global Reporting Directive (GRI), ODS o el Pacto Mundial de las Naciones Unidas. Los informes también deben cumplir con la normativa SFDR (Reglamento sobre la Divulgación de Información relativa a la Sostenibilidad en el Sector de los Servicios Financieros), proporcionando a los inversores y al mercado financiero información relevante sobre sostenibilidad (Fiestas, 2023).

NUEVO REGLAMENTO DE PRODUCTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN (CPR)

En diciembre de 2023, el Consejo y el Parlamento Europeo acordaron provisionalmente el Reglamento de Productos de Construcción, que promueve la transición ecológica y digital en el sector. Este reglamento establece normas armonizadas en la UE, eliminando barreras a la libre circulación de productos y reduciendo la carga administrativa mediante soluciones digitales. También asegura la adaptación a nuevas tecnologías y principios de economía circular, facilitando la reparación y el reciclaje de los productos (Comisión Europea, 2024).

Como parte del Pacto Verde Europeo y el Plan de Acción para la Economía Circular, el reglamento permitirá a las empresas constructoras contribuir a la sostenibilidad reduciendo el uso de recursos, la contaminación y los residuos. Incluye la creación de un pasaporte digital para productos de construcción y establece procedimientos para la contratación pública verde (Retema, 2023). La Comisión Europea definirá los requisitos para este pasaporte y establecerá criterios mínimos de sostenibilidad para la contratación pública. Los Estados miembros podrán desviarse de estos requisitos si afectan negativamente la oferta de mercado o los costos.

Un ejemplo de la aplicación del pasaporte de materiales es el proyecto BAMB (Building as Materials Banks), financiado por Horizon 2020. Este proyecto, que reunió a 15 socios de 7 países, transformó los edificios en bancos de materiales para promover su reutilización. BAMB desarrolló una herramienta digital para registrar información detallada sobre los materiales de los edificios, destacando los beneficios económicos y ambientales de la construcción circular (Atta et al., 2021).

DIRECTIVA GREEN CLAIMS

En marzo de 2023, la Comisión Europea presentó la Directiva (UE) 2024/825, conocida como la Directiva Green Claims. Esta normativa tiene como objetivo establecer criterios claros para combatir el blanqueo ecológico y las afirmaciones ambientales engañosas, mejorando la transparencia y la confianza en las etiquetas ecológicas. Busca asegurar que las declaraciones voluntarias sobre el impacto ambiental de productos y servicios estén basadas en métodos científicos sólidos (Comisión Europea, 2023).

La Directiva exige a las empresas que:

- Ofrezcan información clara y fiable sobre la durabilidad de los productos, sus características ambientales y sociales, y opciones de entrega y servicios posventa ecológicos.
- Eviten prácticas engañosas y aseguren transparencia en actualizaciones de software.

Para garantizar el cumplimiento, se requiere (Pacto Mundial Red Española, 2023)

- Verificación por terceros expertos independientes.
- Publicación de los informes de verificación para que los consumidores puedan acceder a ellos.
- Inspecciones y auditorías por parte de autoridades, con sanciones posibles como multas o exclusión de licitaciones públicas para quienes no cumplan.

Además, las administraciones públicas deben apoyar la adopción de prácticas sostenibles y ayudar a las pequeñas y medianas empresas a obtener distintivos de sostenibilidad.

A su vez, las administraciones públicas tienen el compromiso de fomentar la adopción de prácticas sostenibles y transparentes en el mercado, así como de facilitar el acceso de las empresas, especialmente las pequeñas y medianas, a los distintivos de sostenibilidad (ERCST, 2024).

REVISIÓN DE LA DIRECTIVA SOBRE CRÉDITOS HIPOTECARIOS (MCD)

La Directiva sobre Crédito Hipotecario (Directiva 2014/17/UE, MCD por sus siglas en inglés) regula los préstamos hipotecarios residenciales en la UE. En 2024, la Comisión Europea revisará esta normativa con el objetivo de simplificar la información para los consumidores y adaptar las reglas al entorno digital, reflejando las innovaciones tecnológicas. También se pretende facilitar el crédito transfronterizo para aumentar la competencia y ofrecer más opciones a los consumidores. La revisión buscará fortalecer la protección del consumidor en caso de crisis económicas y promover las hipotecas energéticamente eficientes, que no solo benefician al medio ambiente, sino que también pueden generar ahorros a largo plazo para los hogares. En resumen, estos cambios buscan hacer el mercado hipotecario en la UE más accesible, transparente y seguro (Comisión Europea, 2023).

7.2

Anexo II Tendencias globales para la descarbonización del sector de la construcción

COMPRA Y CONTRATACIÓN PÚBLICA VERDE E INNOVADORA

La Compra y Contratación Pública Verde (CCPV) es una herramienta clave para adquirir productos y servicios que consideran su impacto económico, técnico y ambiental a lo largo de su ciclo de vida. Promueve la producción y consumo responsables y de bajo impacto, fomenta la ecoinnovación, asegura el cumplimiento de normativas ambientales, y estimula la competencia sostenible (Ihobe, 2022). Además, puede generar ahorros a largo plazo y mejorar la imagen corporativa de las entidades que la adoptan.

Aunque la CCPV es voluntaria y los Estados miembros pueden aplicarla a su manera, es esencial para la UE en su transición hacia una economía eficiente en recursos. Se integra en la Compra Pública Estratégica, junto con la Compra Pública Socialmente Responsable y la Compra de Innovación. Su enfoque se basa en establecer criterios ambientales claros y verificables para productos y servicios, apoyados por evidencia científica (Comisión Europea, 2024).

La administración pública está adoptando de manera transversal cada vez más la compra y contratación verde para liderar con el ejemplo. En la CAPV, se priorizan criterios ambientales en áreas como la obra civil, infraestructura y edificación, enfocándose en la eficiencia en el uso de agua, energía y materiales, así como en la gestión de residuos (Ihobe, 2022).

Para aplicar criterios ambientales, las administraciones deben considerar:

- Cumplir con las leyes y prestar atención a las cláusulas ambientales obligatorias.
- Seleccionar niveles de aplicación de criterios según el caso específico.
- Asegurar que las cláusulas sean efectivas en el mercado.
- Establecer criterios objetivos y cuantificables (Ihobe, 2022).

REPORTING DE CRITERIOS ESG

Las siglas ESG, correspondientes a “Environmental, Social, and Governance” (Ambiental, Social y Gobernanza), representan criterios clave en el sector de la construcción. Estos criterios no solo cumplen con compromisos éticos, sino que son esenciales para la sostenibilidad y competitividad a largo plazo (CPEA, 2023).

La Directiva de la UE sobre información corporativa en materia de sostenibilidad (CSRD, por sus siglas en inglés) está reformando la forma en que las empresas reportan sobre ESG. A partir de 2024, cerca de 50,000 empresas, incluidas las no europeas con filiales o cotizadas en la UE, deberán presentar informes más detallados y rigurosos sobre sostenibilidad (KPMG, 2024), de acuerdo a la hoja de ruta resumida en la figura III. Esto requerirá a las empresas adaptar sus métodos de recopilación y presentación de datos ESG.

Desde la perspectiva ambiental, los criterios ESG promueven el uso de materiales sostenibles y la eficiencia energética en la construcción y operación de edificios. También buscan reducir las emisiones de carbono mediante maquinaria menos contaminante y técnicas de construcción eficientes.

En el aspecto social, ESG enfatiza el impacto positivo en las comunidades, mejorando las condiciones laborales, y fomentando un diseño urbano inclusivo y accesible. Esto incluye la formación y desarrollo profesional del personal para asegurar una fuerza laboral competente.

Respecto a la gobernanza, se prioriza la transparencia y ética en todas las operaciones, cumpliendo con regulaciones y

gestionando de manera ética. Se fomenta la comunicación efectiva con todas las partes interesadas para garantizar un desarrollo responsable de los proyectos.

Integrar los principios ESG ofrece beneficios como atraer inversiones sostenibles y mejorar la resiliencia y la imagen pública de las empresas. Las prácticas ESG también abarcan la circularidad, biodiversidad, contaminación y gestión del agua, y es crucial evitar el ESG-washing y conectar los objetivos de descarbonización con resultados sociales y de gobernanza (CPEA, 2023).



Figura III. Hoja de ruta del reporting ESG

Fuente: Elaboración propia con datos de la Comisión Europea

INICIATIVA DE OBJETIVOS BASADOS EN LA CIENCIA (SBTi)

El SBTi, o la Iniciativa de Objetivos Basados en la Ciencia (Science Based Targets initiative), es una colaboración entre el CDP (anteriormente conocido como el Carbon Disclosure Project), el Pacto Mundial de las Naciones Unidas (UN Global Compact), el World Resources Institute (WRI) y el World Wide Fund for Nature (WWF). Su objetivo es guiar a las empresas en la fijación de metas de reducción de emisiones que se alineen con las necesidades científicas para mantener el calentamiento global bajo los límites del Acuerdo de París (Science Based Targets initiative, 2024).

En noviembre de 2023, el SBTi lanzó una guía y herramienta específica para el sector de la construcción, ayudando a empresas y financieras a establecer objetivos de descarbonización a corto y largo plazo para sus emisiones relacionadas con los edificios. Esta guía promueve un enfoque integral, considerando tanto las emisiones operativas como las embebidas en los edificios, y se alinea con los estándares de SBTi para objetivos a corto plazo y net-zero (Science Based Targets initiative, 2024).

La guía ofrece una metodología para desarrollar Puntos de Referencia de Carbono, con un enfoque científicamente sólido y práctico para reducir las emisiones embebidas, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático (Science Based Targets initiative, 2024).

LEVEL(S): MARCO DE LA COMISIÓN EUROPEA DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD EN EDIFICIOS

Level(s) es un marco voluntario desarrollado por la Comisión Europea para evaluar la sostenibilidad de los edificios durante su ciclo de vida. Diseñado en colaboración con la industria, busca promover prácticas de construcción sostenible y apoyar la economía circular (Comisión Europea, 2020).

Ofrece una metodología de evaluación en tres niveles (concepción, diseño, y comportamiento) basada en dieciséis criterios. Aunque no es un reglamento, sus indicadores son cada vez más relevantes para políticas europeas y nacionales sobre edificación (Green Building Council España, 2021).

Está estructurado de la siguiente manera:

- **Macroobjetivos:** se definen seis macroobjetivos que cubren ámbitos como la energía, el uso de materiales y los residuos, el agua y la calidad del aire en interiores.
- **Indicadores básicos:** se establecen nueve indicadores comunes para medir el comportamiento de los edificios que contribuyen a lograr cada uno de los macroobjetivos.

- Herramientas relativas al ciclo de vida: incluye cuatro herramientas para la generación de escenarios, una herramienta para la recogida de datos, y una metodología del ACV simplificada. Todas ellas están diseñadas para respaldar un análisis más holístico del comportamiento de los edificios basado en un enfoque que abarque todo el ciclo de vida.

Con esto, Level(s) busca facilitar la adopción de medidas a nivel de edificio que puedan contribuir claramente a la consecución de objetivos más generales de la política medioambiental europea, fomentando dos herramientas esenciales: el análisis del ciclo de vida (ACV) y el análisis del coste del ciclo de vida (ACCV).

CERTIFICACIONES DE SOSTENIBILIDAD

Las certificaciones ambientales reflejan un creciente compromiso con la sostenibilidad y la reducción del impacto ambiental, abarcando desde economía circular hasta gestión del agua. En la construcción, estas certificaciones juegan un papel crucial al evaluar y reconocer edificaciones que cumplen con altos estándares de sostenibilidad, incentivando a empresas y proveedores a adoptar prácticas responsables. Algunas de las certificaciones más destacadas son las siguientes:

- LEED (Leadership in Energy and Environmental Design): De origen estadounidense, es una de las más reconocidas a nivel internacional. Evalúa edificios en ocho áreas, como eficiencia energética y calidad del aire interior, con niveles de certificación que van de “certificada” a “platino” (Arquitectura Sostenible, s.f.).
- BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method): Con origen en el Reino Unido, también es ampliamente aceptada. Examina criterios como energía, salud y bienestar, con calificaciones desde “aprobado” hasta “excepcional” (Arquitectura Sostenible, s.f.).
- Verde: Adaptada a las normativas de la UE y España, mide la eficiencia y sostenibilidad de los edificios en seis niveles, desde 0 hasta 5 hojas verdes, abordando aspectos como innovación y recursos naturales (Arquitectura Sostenible, s.f.).
- Passivhaus: Estándar alemán que promueve un alto aislamiento térmico y eficiencia energética, resultando en edificios con muy bajo consumo de energía (Arquitectura Sostenible, s.f.).
- HQE (Haute Qualité Environnementale): Marca francesa que evalúa la calidad ambiental y de vida en edificios, con categorías que van desde “básico” a “excepcional”,

considerando aspectos como energía, agua y confort (Tecnalia, s.f.).

- WELL: Sistema estadounidense que se enfoca en el impacto de los edificios en la salud y bienestar de los ocupantes, con niveles de certificación de bronce a platino (Arquitectura Sostenible, s.f.).
- DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen): Certificación alemana que valora la sostenibilidad de edificios y proyectos urbanos en base a criterios ambientales, económicos y sociales (Arquitectura Sostenible, s.f.).

CEEQUAL, también conocida como BREEAM Infrastructure, es la única certificación internacionalmente aplicable en ingeniería civil. Otras certificaciones menos comunes en países específicos incluyen BCA Green Mark (Singapur), Envision (EE. UU.) e Infrastructure Sustainability (Australia). En el ámbito de productos, Cradle to Cradle™ evalúa la sostenibilidad de los materiales, desde la reutilización hasta el impacto ambiental durante la fabricación (Arquitectura Sostenible, s.f.; Tecnalia, s.f.).

#BUILDINGLIFE, HOJA DE RUTA DE DESCARBONIZACIÓN DE LOS EDIFICIOS EN EUROPA

En 2021, los Green Building Councils (GBC) de varios países europeos presentaron las 12 hojas de ruta nacionales para la descarbonización de la edificación como parte del proyecto #BuildingLife, liderado por WorldGBC. Este plan, movilizó casi 60 millones de euros y aborda todos los impactos del ciclo de vida de los edificios, desde la fabricación hasta la demolición (Green Building Council España, 2023).

El proyecto ha aumentado la concienciación y fomentado el diálogo sobre las medidas para descarbonizar el sector. Más de 1.500 participantes ayudaron a desarrollar estas hojas de ruta, que ahora sirven como marcos de referencia para el debate sobre prioridades legislativas y de incentivos, enfocándose en la renovación del parque edificado y la descarbonización de los materiales. También promueven la reducción de emisiones, la circularidad y las Declaraciones de Impacto Ambiental (DAP) (Green Building Council España, 2023).

Estas hojas de ruta están alineadas con políticas de la UE como Fit for 55, EPBD, Renovation Wave, Pacto Verde Europeo y Level(s) y cuentan con el apoyo de gobiernos, desarrolladores y proveedores.

7.3

Anexo III Diagnóstico

La descarbonización en el sector de la construcción en Gipuzkoa es crucial para lograr un desarrollo sostenible y mitigar el cambio climático. El diagnóstico actual es esencial para identificar oportunidades de mejora y adoptar prácticas ecoeficientes. Este análisis también facilita la exploración de soluciones innovadoras para promover la construcción sostenible en el País Vasco.

— METODOLOGÍA IMPLEMENTADA

Para el diagnóstico, se identificaron las principales empresas constructoras de Gipuzkoa, de otros territorios y entidades relacionadas, como universidades y centros tecnológicos. Se diseñaron tres tipos de cuestionarios para diferentes tipos de entidades y se enviaron a 62 organizaciones, obteniendo 26 respuestas: 16 de empresas, 5 de entidades públicas y 5 de centros de conocimiento. También se realizaron entrevistas para profundizar en los resultados.

— RESULTADOS OBTENIDOS

En primer lugar, se consultó a las entidades participantes sobre los principales desafíos que deben abordarse para lograr la descarbonización de la cadena de valor. El gráfico I presenta las puntuaciones alcanzadas por cada uno de estos desafíos, diferenciando las puntuaciones según el origen de los resultados.

RETOS

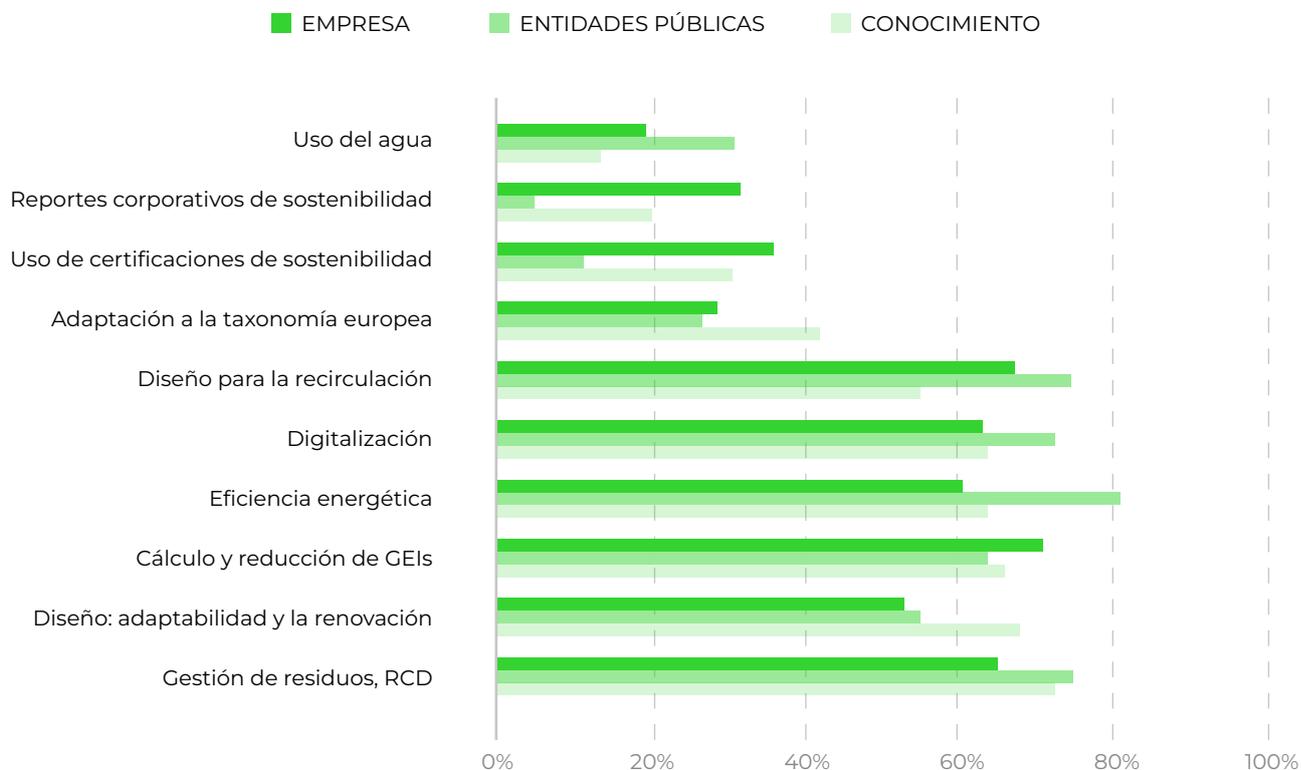


Gráfico I. Puntuaciones obtenidas para cada uno de los retos propuestos.

Al analizar el gráfico I, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Existe una amplia conciencia ambiental, ya que la mayoría de los retos son considerados importantes por las tres partes involucradas.
- Los desafíos como el uso del agua, reportes corporativos, la taxonomía europea y certificaciones de sostenibilidad son vistos como menos relevantes.
- La gestión de residuos es identificada como el principal desafío, junto con la eficiencia energética, digitalización y reducción de gases de efecto invernadero.
- Las entidades de conocimiento destacan la importancia del diseño, sugiriendo que se necesita más colaboración entre empresas, entidades públicas y académicas.
- En general, las puntuaciones de las perspectivas empresarial y pública son similares.

En segundo lugar, el gráfico II presenta la evaluación de la importancia de los obstáculos para la descarbonización en el sector.

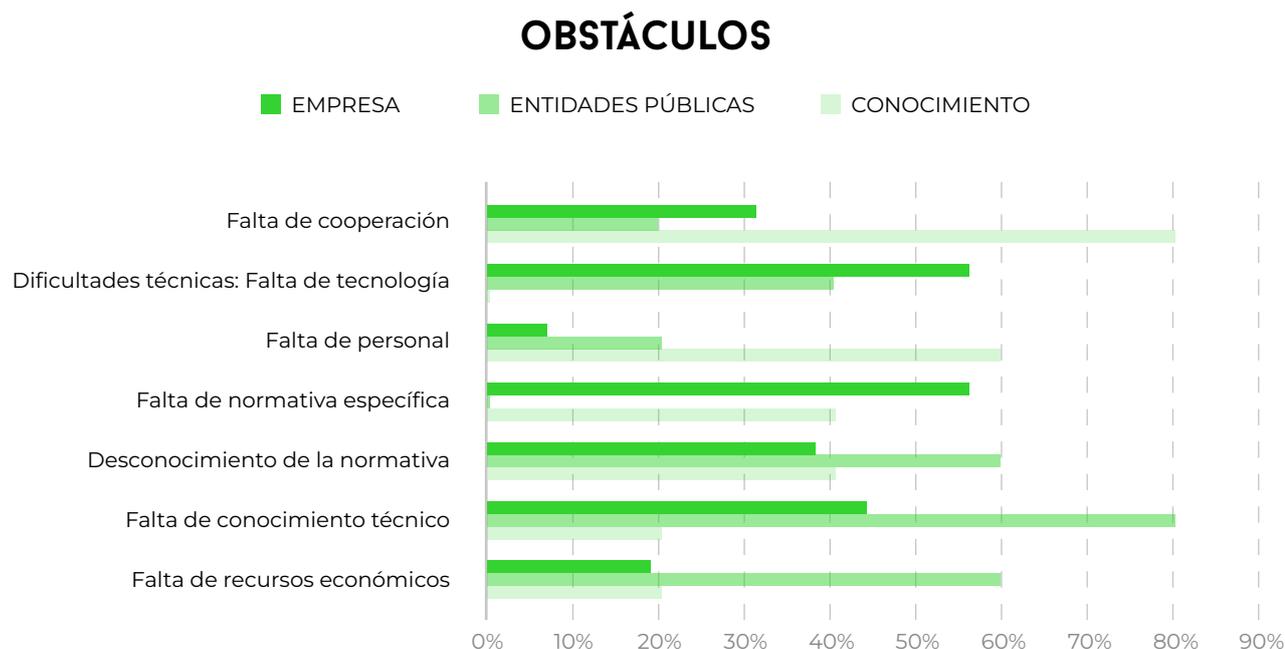


Gráfico II. Puntuaciones obtenidas para cada uno de los obstáculos propuestos.

Las entidades especializadas en conocimiento califican la falta de cooperación en la cadena de valor como un importante obstáculo (80 sobre 100), en contraste con la perspectiva pública, que no lo considera relevante. Estas entidades también destacan la falta de personal cualificado y problemas normativos como desafíos, mientras que las empresas privadas identifican dificultades técnicas y la falta de normativas específicas como los principales obstáculos. Las entidades públicas, por su parte, no ven la falta de normativa específica como un problema, pero reconocen el desconocimiento normativo y la falta de recursos. También expresan preocupaciones sobre la sensibilización ciudadana, la percepción de costos y la necesidad de equilibrar la rentabilidad económica a corto plazo con estrategias sostenibles a largo plazo.

En tercer lugar, se ha consultado con los participantes que ámbitos para la descarbonización consideraban los más importantes.

PRIORIDADES DE DESCARBONIZACIÓN

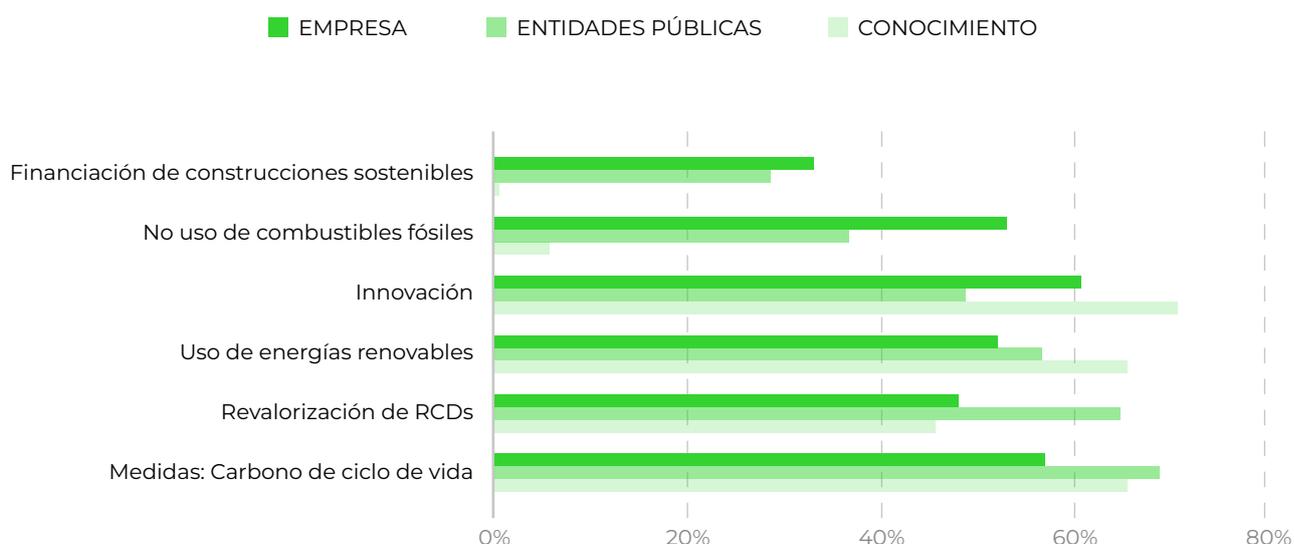


Gráfico III. Puntuaciones obtenidas los diferentes ámbitos que ayudan a fomentar la descarbonización del sector

El Gráfico III muestra que tanto empresas como entidades de conocimiento consideran la innovación crucial para la descarbonización, mientras que las entidades públicas valoran más las medidas para reducir el carbono a lo largo del ciclo de vida. Las entidades públicas también destacan la valorización de Residuos de Construcción y Demolición (RCDs), a diferencia de las empresas, que le asignan menos importancia.

Los centros de conocimiento destacan la promoción de energías renovables, aunque minimizan la eliminación de combustibles fósiles, lo que preocupa a las empresas debido a la dependencia actual de estos combustibles en la construcción. Además, se resalta la necesidad de sensibilización, cooperación en la cadena de valor y control de materiales para mejorar la eficiencia energética.

En cuarto lugar, las empresas fueron consultadas acerca de sus iniciativas clave en relación con la descarbonización, y los resultados se plasmaron en el Gráfico IV. En este, se muestra que más del 80% de las empresas encuestadas se enfocan en la valorización de RCDs, mientras que el 75% trabaja en mejorar la eficiencia energética y adoptar energías renovables. Sin embargo, el ecodiseño es una área poco explorada, con solo una de las 16 empresas enfocada en ello. Además, la construcción industrializada, aunque en crecimiento, cuenta solo con 4 empresas participantes en esta tendencia emergente.

LÍNEAS DE TRABAJO EMPRESARIALES

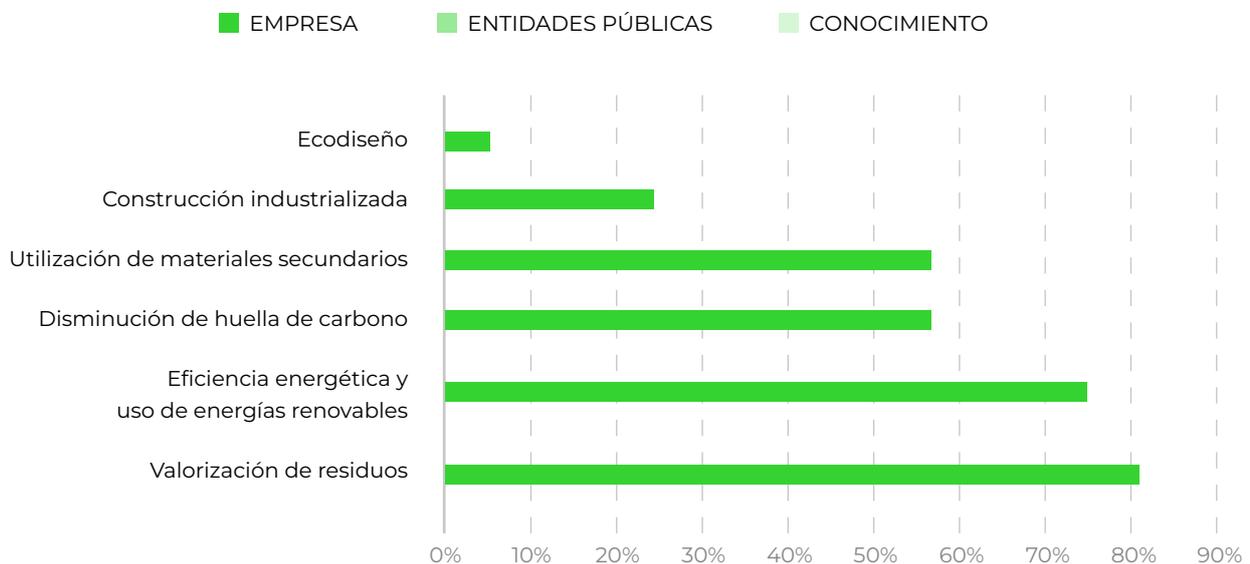


Gráfico IV. Principales líneas de trabajo que siguen las iniciativas empresariales en materia de desconstrucción.

Finalmente, con el propósito de evaluar la existencia de discrepancias entre la oferta y la demanda pública, se indagó con las entidades públicas sobre la implementación de criterios de compra y contratación sostenible. Los resultados son alentadores, ya que todas las entidades públicas participantes afirmaron aplicar dichos criterios. Al consultar sobre las áreas específicas en las que se implementan estos criterios, las respuestas obtenidas fueron las siguientes:

- Análisis de ciclo de vida
- Consumo energético
- Gestión y reducción de residuos
- Circularidad de materiales, materiales valorizados
- Materiales reciclados
- Guías de construcción sostenible
- Sostenibilidad y descarbonización
- Cálculo de huella de carbono

CONCLUSIONES

Se ha observado que la creciente conciencia ambiental en el sector de la construcción es alentadora, pero enfrenta desafíos significativos. A pesar de este despertar ecológico, la falta de cooperación en la cadena de valor se presenta como un obstáculo crucial, una debilidad que debe ser afrontada para fomentar la innovación, la adaptación y el grado de resiliencia del sector, ya que tiene el potencial de resolver los problemas derivados de la falta de conocimiento.

En cuanto a la normativa ambiental, las opiniones difieren, generando un panorama de debilidad y complejo que requiere un enfoque más unificado y una mayor claridad en las regulaciones. Mientras la mayoría de los encuestados afirma estar familiarizada con ella, algunos sostienen que no es lo suficientemente rigurosa o específica, mientras que otros creen que su implementación es insatisfactoria. Estas divergencias subrayan la necesidad de un abordaje más integral para fortalecer las normativas y garantizar su efectividad.

Asimismo, es crucial establecer una clara orientación o hoja de ruta para todas las entidades en la cadena de valor. Al establecer objetivos comunes, se facilitará la aplicación de prácticas más sostenibles, centrando las prioridades. Aunque se ha dado importancia a la gestión de residuos, el sector necesita un enfoque más holístico, especialmente en el diseño, que tiene el potencial de influir en toda la cadena de valor. Abordar el problema desde su origen implica repensar los procesos de producción y consumo, promoviendo prácticas más responsables y sostenibles desde el diseño inicial de productos hasta su disposición final.

En el ámbito de la digitalización, aunque percibida como una herramienta potente, su implementación aún está en una fase incipiente. La necesidad de una mayor integración y aprovechamiento de las tecnologías digitales es evidente para optimizar procesos, mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental. En este marco se encuentra el pasaporte digital de producto, aun en fase de desarrollo.

Existe una falta de conocimiento respecto a la Taxonomía Europea y la elaboración de informes corporativos. Cerrar esta brecha de información es esencial para que las empresas y organizaciones puedan alinearse de manera efectiva con los estándares ambientales y contribuir significativamente a la sostenibilidad global.

Estos resultados derivados de las encuestas realizadas han servido para la realización de entrevistas individualizadas con los participantes, que a su vez han ofrecido la oportunidad

de profundizar más en algunas de las respuestas, contextualizándolas y orientando más en concreto lo que los agentes querían transmitir con sus respuestas. Los resultados recogidos en las entrevistas se resumen en la tabla I.

DEBILIDADES

- Falta de conocimiento y aplicación de la normativa respectiva a la sostenibilidad y la construcción
- Las críticas hacia la normativa actual resaltan debilidades en la rigurosidad normativa en comparación con las tendencias europeas.
- Dificultad para reducir la huella de carbono por limitaciones tecnológicas y económicas
- La identificación de necesidades de formación indica áreas donde la mejora continua es esencial.

AMENAZAS

- Existe una falta de certificaciones e inclusión de criterios de sostenibilidad para infraestructuras
- La necesidad de avanzar en tecnología para la electrificación destaca las limitaciones para la implementación de prácticas más sostenibles
- La aplicación de criterios de digitalización aún en desarrollo puede representar un desafío para la eficiencia y tecnología en la gestión de proyectos.

FORTALEZAS

- Las empresas muestran capacidad de adaptación e interés respecto a los cambios en cuanto a sostenibilidad
- Se reconoce la importancia de la cooperación y el seguimiento (todavía mejorable), promoviendo una mentalidad proactiva
- La adopción de la CPV muestra una orientación hacia prácticas sostenibles y puede influir positivamente en el mercado.

OPORTUNIDADES

- El pasaporte digital de producto puede ser una oportunidad para mejorar la cooperación, trazabilidad y la transparencia en la cadena de suministro
- El aumento de la colaboración entre entidades y la búsqueda de sinergias con otros actores pueden generar avances significativos en sostenibilidad.
- El esfuerzo en la implementación de BIM y la digitalización en licitaciones puede mejorar la eficiencia y tecnología en la gestión de proyectos.
- El enfoque en circularidad y gestión de residuos presenta oportunidades para innovaciones sostenibles en el sector de la construcción.
- El progreso en Smart Cities abren oportunidades para mejorar la eficiencia y sostenibilidad en la construcción.

Tabla I. Tabla DAFO que resume las conclusiones recogidas en las entrevistas.

7.4

Anexo IV Medidas por tipología de material de construcción

CEMENTO/HORMIGÓN

El cemento, clave en el hormigón, es el principal responsable de las emisiones de gases de efecto invernadero en la construcción por su amplia utilización e impacto. Su producción tradicional es ambientalmente costosa, representando el 90% de la huella de carbono del hormigón y generando en 2020 el 43% de las emisiones de CO₂ en el sector. La industria cementera europea busca la neutralidad climática para 2050, pero sus objetivos intermedios para 2030 no están alineados con las metas de la UE, complicando la descarbonización.

El sector cementero de la UE emite 110 Mt de CO₂e al año, un 4% de las emisiones totales de CO₂e, con el 60% procedente de la calcinación de piedra caliza. A pesar de avances en eficiencia energética y combustibles alternativos (que han logrado una reducción de las emisiones de cemento del 15% al 20% desde 1990), se necesita una reducción del 88% al 92% para 2050. Esto requerirá tecnologías emergentes como la captura y almacenamiento de carbono (CCUS) y el hidrógeno, además de nuevos materiales y cementos innovadores.

Existen varias estrategias para reducir las emisiones en la producción de cemento y hormigón: rehabilitar canteras, reducir el clínker con materiales alternativos, usar agregados reciclados, electrificar hornos, emplear electricidad renovable, capturar y reutilizar carbono, diseñar para desmontaje, minimizar desechos en el sitio mediante prefabricación, optimizar diseños de construcción y promover la construcción modular y la renovación sobre la demolición.

OPORTUNIDADES PARA MEJORAR LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DEL CEMENTO Y HORMIGÓN Y AYUDAR A SU DESCARBONIZACIÓN COMPLETA

1 Optimizar la Eficiencia en la Producción de Hormigón. La industrialización en la producción de hormigón es clave para la optimización. La transición de la dosificación in situ en pequeñas obras hacia procesos industrializados ofrece reducciones significativas en las emisiones de CO₂ debido a la mejora en el cumplimiento de las especificaciones de la mezcla y al riguroso control de calidad. La utilización de aditivos y el procesamiento mejorado de los agregados representan oportunidades prometedoras para la reducción de emisiones de CO₂.

2 Optimizar en Cemento y Conglomerantes. El término “conglomerante” incluye materiales como el cemento, cenizas volantes, escoria granulada de alto horno, polvo de piedra caliza, etc., autorizados como materiales cementantes. El clínker se produce en un horno de cemento y se muele para fabricar cemento Portland ordinario, pero puede molerse junto con otros materiales para producir cementos con menores emisiones de CO₂.

- A. Evaluar la disponibilidad de materiales. Evaluar la disponibilidad de materiales adecuados a nivel global. Las cenizas volantes provienen de centrales eléctricas de carbón y la escoria granulada de alto horno de la industria siderúrgica, sectores en transición.
- B. Aumentar el uso de piedra caliza molida y arcillas calcinadas. Aumentar el uso de piedra caliza molida y la introducción de arcillas calcinadas para compensar la disminución en el suministro de cenizas volantes y escoria granulada de alto horno, y reducir aún más la relación conglomerante de clínker.
- C. Superar la aceptación del mercado. Superar la barrera actual de aceptación por parte de los clientes para explotar plenamente esta estrategia en algunas economías desarrolladas y emergentes.
- D. Desarrollar alternativas a los cementos de clínker Portland. Desarrollar alternativas que han sido objeto de extensa investigación, pero su impacto no se prevé significativo debido a la falta de disponibilidad de materias primas a gran escala. Sin embargo, estas alternativas generan aproximadamente la mitad de emisiones de CO₂ que los cementos convencionales. Se estima que las alternativas representarán el 1% y el 5% del cemento en 2030 y 2050, respectivamente, contribuyendo a una reducción del 0.5% en las emisiones globales de CO₂ para 2050.

3 Reducir las Emisiones en la Producción de Clínker

- A. Reemplazar piedra caliza con materiales descarbonatados. Reemplazar parte de la piedra caliza en el horno con materiales descarbonatados, como el material fino del concreto reciclado, para reducir las emisiones totales de la descarbonatación de la piedra caliza. Estos materiales no emiten CO₂ cuando se calientan porque ya han tenido el CO₂ eliminado, proporcionando una reducción del 2% en las emisiones totales del sector.
- B. Implementar medidas de eficiencia energética térmica. Implementar ampliamente las medidas de eficiencia energética térmica mediante tecnologías de última generación en nuevas plantas de cemento y la modernización de instalaciones existentes. Con muchas plantas de cemento energéticamente eficientes en economías emergentes, esta es un área con buen progreso.
- C. Aumentar el uso de combustibles alternativos. Aumentar el uso de combustibles alternativos, teniendo en cuenta que puede haber una ligera disminución en la eficiencia energética térmica. Tasas más altas de sustitución de combustibles alternativos pueden resultar en un ligero aumento en la demanda de energía térmica. Este efecto se tuvo en cuenta en las previsiones.
- D. Adoptar combustibles alternativos derivados de materiales no primarios. Adoptar combustibles alternativos derivados de materiales no primarios, es decir, desechos o subproductos, y pueden ser biomasa, fósiles o mixtos. Hay hornos de cemento operando con un 100% de combustibles alternativos, demostrando su potencial.

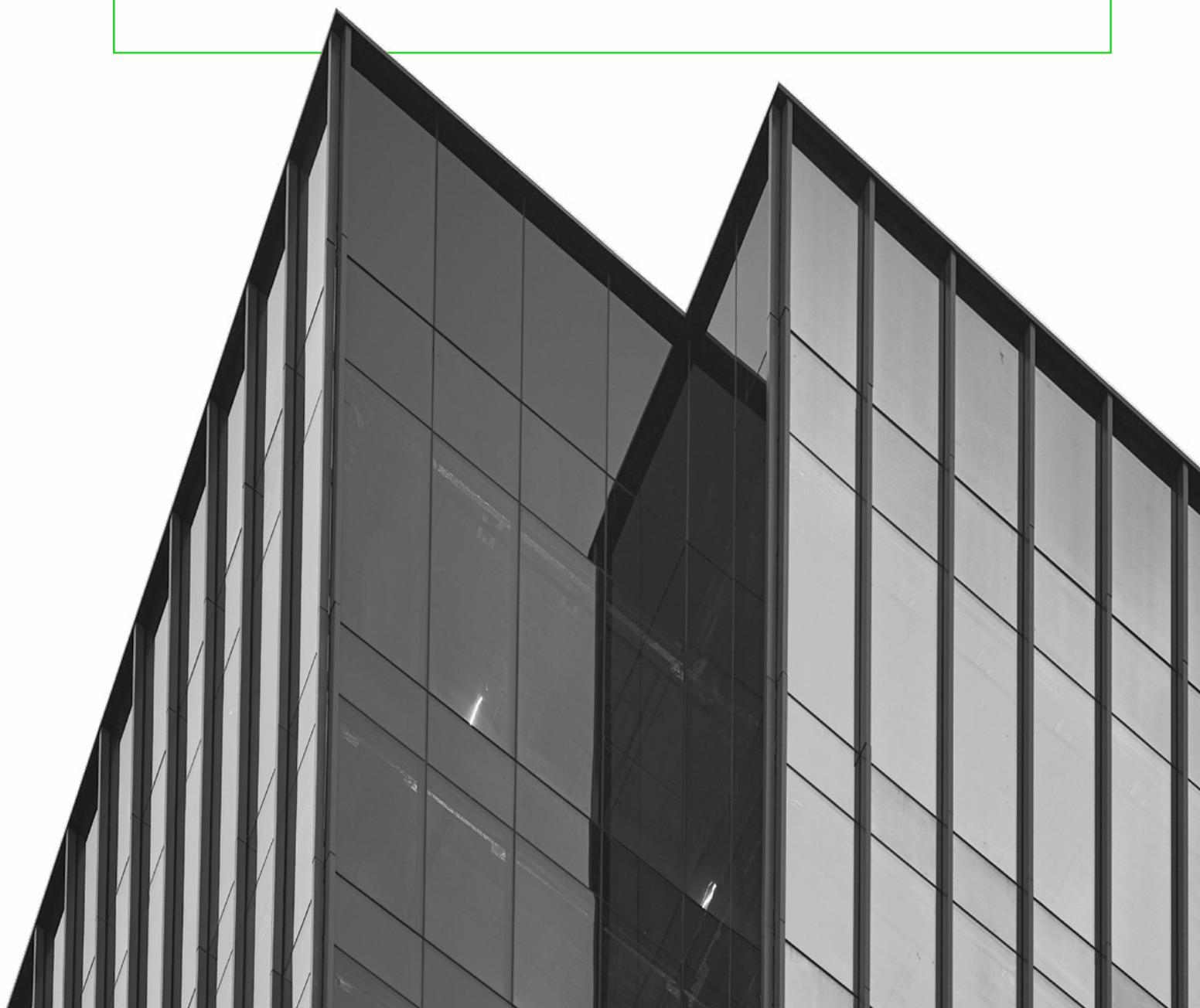
- E. Aprovechar combustibles alternativos de diversas fuentes. Aprovechar combustibles alternativos derivados de desechos no reciclables de diversas fuentes, asegurando su manejo seguro y responsable. Se requiere infraestructura de la cadena de suministro, permisos y política de residuos para apoyar el aumento del uso de combustibles alternativos.

4 Implementar Captura, Utilización y Almacenamiento de Carbono (CCUS)

- A. Implementar tecnologías de captura, utilización y almacenamiento de carbono. Implementar tecnología de CCU como nueva palanca para la descarbonización reconocida por la Taxonomía Climática. Una vez capturado, el CO₂ se utilizará en la industria del cemento y del hormigón, por otras industrias o se almacenará, representando el 42% de la reducción de emisiones de CO₂ en el sector.

5 Descarbonizar la Electricidad

- A. Descarbonizar la generación de electricidad. Descarbonizar la generación de electricidad utilizada en la producción de cemento y concreto durante las próximas décadas, resultando en que las emisiones se reduzcan a cero.
- B. Aumentar la demanda de electricidad descarbonizada del sector. Aumentar la demanda eléctrica del sector hasta 2030 en línea con el aumento de la producción total y hasta 2050 mediante la electrificación de necesidades energéticas. Así, se espera reducir las emisiones de CO₂ en un 54% para 2030 en comparación con 2020, y un 100% para 2050.



ACERO

El acero, el segundo material más utilizado en la construcción, es responsable de una gran parte de las emisiones de gases de efecto invernadero del sector. Según el estudio "Decarbonising Construction: Building a low-carbon future" llevado a cabo por Deloitte en 2023, en 2020, la industria del acero generó 1,3 gigatoneladas de CO₂, el 24% de las emisiones del sector, y representa entre el 7% y el 9% de las emisiones globales de CO₂ debido a su alta dependencia de combustibles fósiles.

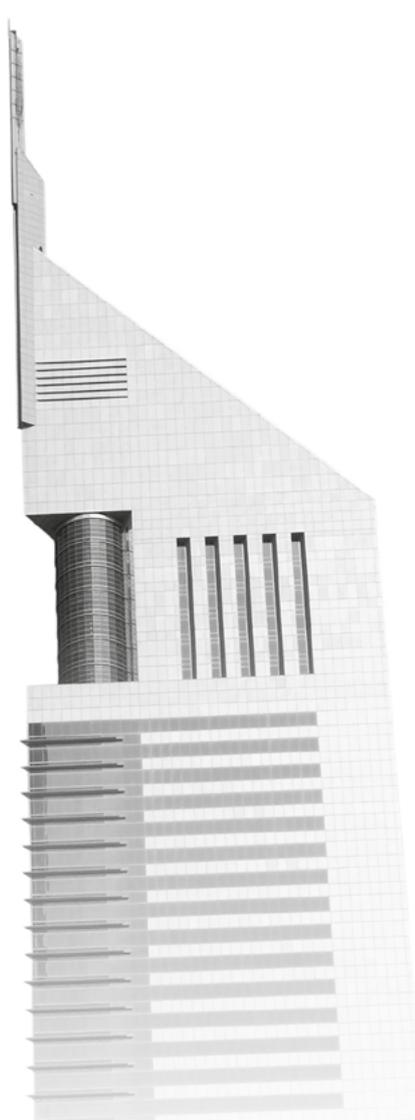
La industria siderúrgica europea tiene objetivos de reducción ambiciosos, alineados con las metas de la UE para 2030 y 2050. Sin embargo, a nivel mundial, los objetivos de reducción de las empresas de acero son menos ambiciosos (ArcelorMittal UE -35% en 2030, Tata UE -30% en 2030), lo que complica la descarbonización global. La descarbonización enfrenta desafíos por la longevidad de las instalaciones y la disponibilidad limitada de energías bajas en carbono.

Para reducir las emisiones, se proponen estrategias como el uso de hidrógeno y captura de carbono. La Agencia Internacional de la Energía estima que la industria del acero podría reducir sus emisiones en un 54% para 2050 con un enfoque ambicioso.

El acero se fabrica a partir de materias primas (mineral de hierro y carbón) o reciclando chatarra de acero a través de varias etapas, incluyendo el proceso de fabricación de hierro, la fabricación de acero primario (con material primario) y secundaria (con material reciclado), la fundición, la primera formación por laminado en caliente y el proceso de acabado. En la producción de acero primario, los componentes se producen en un alto horno (BF), y el acero se produce en un horno de oxígeno básico (BOF), mientras que en la producción de acero secundario, la chatarra de acero reciclada se produce en el horno de arco eléctrico (EAF). Las emisiones resultantes del método reciclado-de-chatarra-de-acero-EAF tienen las emisiones de CO₂ más bajas en comparación con los otros métodos, mientras que la producción de hierro en BF causó las máximas emisiones de CO₂. Los hornos de arco eléctrico generalmente se operan con electricidad, pero también necesitan ser alimentados con carbón (<5%) y gas natural (25-30%). La intensidad de emisión de la electricidad es un elemento esencial para reducir el CO₂, ya que la electricidad es la principal fuente de energía en EAF.

La demanda de acero bajo en carbono del sector automotriz también mejorará su disponibilidad para la construcción, mientras que la demanda de muchos otros sectores reducirá los costes de producción de combustibles bajos en carbono y captura de carbono.





En la producción primaria de acero, la transición de altos hornos a tecnología de hierro de reducción directa, junto con la utilización de hornos de arco eléctrico alimentados por energías renovables, representa la estrategia más prometedora para reducir las emisiones. Adicionalmente, el aumento de la eficiencia en el reciclaje y la implementación de captura y almacenamiento de carbono contribuyen a minimizar el impacto ambiental.

Evitar la extracción de materias primas mediante la reutilización y el reciclaje se convierte en una prioridad fundamental. La producción de acero a partir de chatarra permite ahorrar una cantidad considerable de energía, sin embargo, existe una creciente brecha entre la oferta y la demanda de acero reutilizable y chatarra para reciclar.

La adopción de tecnología de hierro de reducción directa en sustitución de los altos hornos podría reducir drásticamente las emisiones de CO₂ en la producción primaria de acero, especialmente si se combina con el uso de electricidad renovable. Esta medida supera ampliamente el ahorro de emisiones logrado con las mejores tecnologías disponibles actualmente.

Además, la reducción de la demanda de acero mediante la extensión de la vida útil de los edificios y la sustitución por materiales circulares basados en biomasa, como la madera ingenierizada y el bambú, constituyen estrategias complementarias para disminuir el impacto ambiental del sector de la construcción.

OPORTUNIDADES PARA MEJORAR LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DEL ACERO Y AYUDAR A SU DESCARBONIZACIÓN COMPLETA

1 Electrificar y usar energías renovables:

- A. Implementar hornos eléctricos de arco (eafs). Adoptar hornos eléctricos de arco que utilicen electricidad de fuentes renovables, como la solar y eólica, para reducir significativamente las emisiones de CO₂. Estos hornos permiten una producción más limpia y eficiente al depender menos de combustibles fósiles y más de fuentes de energía sostenible.
- B. Desplegar tecnologías avanzadas de almacenamiento de energía. Desarrollar y utilizar tecnologías de almacenamiento de energía para asegurar un suministro continuo de electricidad renovable para la producción de acero. Estas tecnologías ayudan a estabilizar la oferta de energía, garantizando que la producción no se vea interrumpida por la intermitencia de las fuentes renovables.
- C. Renovar hornos de arco eléctrico por unos más eficientes energéticamente. Modernizar los hornos de arco eléctrico existentes para mejorar su eficiencia energética y reducir el consumo de energía. Esto incluye la actualización de componentes y la implementación de sistemas de control avanzados para optimizar el rendimiento.

2 Sustituir el carbón por hidrógeno verde

- A. Sustituir carbón por hidrógeno verde. Utilizar hidrógeno producido a partir de fuentes renovables como sustituto del carbón en los procesos de reducción de hierro, reduciendo significativamente las emisiones de CO₂. El hidrógeno verde ofrece una alternativa limpia y sostenible para la producción de acero, eliminando la dependencia de combustibles fósiles.
- B. Invertir en la infraestructura de hidrógeno. Desarrollar la infraestructura necesaria para la producción, almacenamiento y distribución de hidrógeno verde, facilitando su adopción en la industria del acero. Esta inversión incluye la construcción de plantas de producción de hidrógeno, sistemas de transporte y estaciones de almacenamiento.

3 Captura, uso y almacenamiento de carbono (CCUS)

- A. Implementar tecnologías ccus. Implementar tecnologías de captura, uso y almacenamiento de carbono para capturar el CO₂ producido durante la fabricación del acero y almacenarlo de manera segura. Estas tecnologías ayudan a reducir las emisiones residuales de CO₂, contribuyendo a una producción más limpia y sostenible.
- B. Desarrollar productos que utilicen CO₂ capturado. Fomentar la innovación en productos que puedan incorporar el CO₂ capturado, como materiales de construcción. Esto no solo reduce las emisiones de carbono, sino que también promueve la economía circular y el uso eficiente de los recursos.
- C. Capturar carbono en las fábricas de acero. Implementar la captura de carbono directamente en las fábricas de acero para reducir las emisiones en el proceso de producción. Esta medida implica la instalación de sistemas de captura y almacenamiento de carbono (ccs) en las plantas de producción.

4 Aumentar el reciclaje y promover la economía circular

- A. Aumentar el uso de acero reciclado. Incrementar el reciclaje del acero para reducir la necesidad de producir acero nuevo, lo cual es menos intensivo en energía y emisiones. Fomentar el uso de acero reciclado en la producción puede ayudar a conservar recursos naturales y disminuir el impacto ambiental.
- B. Fomentar la economía circular. Promover diseños de productos y políticas que faciliten el reciclaje y la reutilización del acero, asegurando una mayor sostenibilidad en la industria. Esto incluye el desarrollo de sistemas de recolección y procesamiento de acero reciclado, así como la implementación de normativas que apoyen la economía circular.

5 Optimizar y mejorar la eficiencia energética

- A. Implementar mejoras en la eficiencia energética. Optimizar los procesos actuales de producción de acero para reducir significativamente el consumo de energía y las emisiones de CO₂. Esta medida incluye la modernización de equipos, la mejora de procesos operativos y la adopción de tecnologías avanzadas de eficiencia energética.
- B. Desarrollar nuevas tecnologías de producción de acero. Investigar y adoptar tecnologías emergentes como la electrólisis y la reducción directa del hierro (dri) a bajas emisiones, transformando la industria hacia una producción más sostenible. Estas tecnologías ofrecen métodos innovadores para producir acero con menor impacto ambiental.

6 Establecer políticas y regulaciones de apoyo

- A. Establecer marcos regulatorios sólidos. Implementar políticas gubernamentales que fomenten la reducción de emisiones y el uso de tecnologías limpias en la producción de acero. Los marcos regulatorios pueden incluir normas ambientales, incentivos fiscales y programas de apoyo para la adopción de tecnologías sostenibles.
- B. Proporcionar incentivos financieros y subsidios. Ofrecer apoyo financiero para la adopción de tecnologías de baja emisión de carbono, facilitando la transición hacia una producción más sostenible. Estos incentivos pueden incluir subvenciones, préstamos a bajo interés y deducciones fiscales.

7 Desarrollar un marco temporal para la implementación

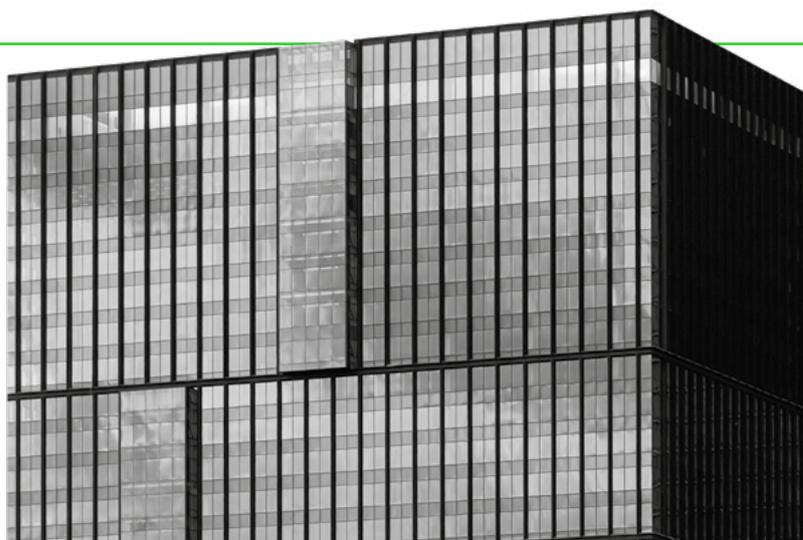
- A. 2020-2030: fase inicial de adopción y demostración de tecnologías limpias. Invertir en investigación y desarrollo (i+d) para mejorar la eficiencia y reducir costes, y comenzar la implementación de tecnologías limpias. Esta fase incluye la evaluación y prueba de nuevas tecnologías en entornos controlados.
- B. 2030-2040: expansión de tecnologías limpias y construcción de infraestructura. Construir la infraestructura necesaria para energías renovables y producción de hidrógeno, y expandir el uso de tecnologías limpias en la producción de acero. Durante esta fase, se espera una adopción más amplia de las tecnologías desarrolladas y probadas en la fase anterior.
- C. 2040-2050: consolidación de la descarbonización total. Lograr una producción de acero con casi cero emisiones de carbono mediante tecnologías maduras y sostenibles. Esta fase implica la plena integración de tecnologías limpias y la eliminación completa de procesos de alta emisión de carbono.

8 Aplicar técnicas para reducir las emisiones de CO₂ en la producción de acero

- A. Utilizar la tecnología de reducción directa con hidrógeno (h-dr). Emplear 100% de hidrógeno en lugar de gas natural en la reducción directa del hierro, eliminando así las emisiones de CO₂ asociadas con el uso de combustibles fósiles.
- B. Aplicar la electroganancia. Utilizar un proceso electrolítico alimentado por energía renovable para transformar óxidos de hierro en placas de acero, reduciendo las emisiones de CO₂.
- C. Usar biomasa como combustible alternativo. Utilizar carbón vegetal de madera o syngas como combustible en lugar de coque y como agente reductor, disminuyendo las emisiones de CO₂ en la producción de acero.
- D. Implementar ccs. Capturar el CO₂ del gas de escape y almacenarlo de manera segura. Integrar ccs con la sustitución de biomasa para maximizar la reducción de emisiones.

9 Utilizar materiales alternativos para el acero

- A. Emplear polímeros reforzados con fibra (FRP). Utilizar FRP compuestos por una matriz de polímero reforzada con fibras de basalto, vidrio, carbono y/o aramida para reducir las emisiones de CO₂. Los FRP ofrecen una alternativa ligera y resistente al acero tradicional.
- B. Usar barras de polímero reforzado con fibra de basalto (BFRP). Adoptar BFRP para reducir las emisiones de CO₂ en comparación con las barras de refuerzo de acero. Estas barras son ligeras y ofrecen alta resistencia, además de ser más sostenibles.
- C. Utilizar barras de acero con polímero reforzado con fibra de carbono (CFRP). Emplear CFRP para reducir las emisiones de CO₂ respecto a las vigas reforzadas con acero. Estas barras combinan la resistencia del acero con la ligereza y durabilidad del carbono.
- D. Incorporar barras de polímero reforzado con fibra de vidrio (GFRP). Usar GFRP para reducir las emisiones de CO₂ en comparación con las vigas reforzadas con acero. Las barras GFRP son resistentes a la corrosión y ofrecen una vida útil prolongada.



OTROS MATERIALES CONVENCIONALES DE CONSTRUCCIÓN

El sector de la construcción depende de una variedad de materiales convencionales, como vidrio, aluminio, plástico, caucho, madera y materiales bituminosos. En 2020, estos materiales generaron 1,4 gigatoneladas de CO₂, representando el 25% de las emisiones del sector. Esto subraya la necesidad urgente de reducir el impacto ambiental de estos materiales.

Descarbonizar algunos de estos subsectores, como el vidrio y el aluminio, es un reto debido a la gran cantidad de energía que requieren para su producción y la dificultad de adaptar las plantas existentes a tecnologías más sostenibles. Otros materiales, como el betún, dependen de recursos fósiles, aunque se están explorando alternativas biológicas para reducir esta dependencia. La madera, por su naturaleza renovable, es menos intensiva en carbono, pero su uso a gran escala plantea problemas de sostenibilidad y gestión forestal. En general, los productores de estos materiales de construcción convencionales tienen mayores incentivos para descarbonizar sus procesos en comparación con los sectores del cemento y el acero. Esto se debe a que muchos de estos materiales también se utilizan en otros mercados.

Aunque hay una creciente presión en algunos sectores para reducir las emisiones, la industria de la construcción sigue siendo cautelosa a la hora de adoptar materiales alternativos. Esta reticencia se debe en parte a los riesgos percibidos, tanto operativos como financieros, asociados con el uso de nuevos materiales. Además, la investigación y el desarrollo en estos materiales alternativos son limitados, ya que muchos proveedores de la construcción operan con márgenes de beneficio reducidos y no tienen el capital necesario para invertir en innovación de alto riesgo.

La adopción de materiales alternativos, como los de base biológica o los reutilizados, enfrenta obstáculos adicionales. Estos incluyen costos de producción más altos, complejidad operativa y limitaciones en la disponibilidad de recursos. Además, para que estos materiales sean aceptados ampliamente, necesitan ser reconocidos por normas reguladoras y aceptados por financiadores, aseguradoras y usuarios finales, lo que puede ser un proceso lento y costoso.



VIDRIO

Las asociaciones industriales europeas Glass Alliance y Glass for Europe han elaborado hojas de ruta para la descarbonización de la industria del vidrio, sin fijar objetivos específicos. Sin embargo, empresas referentes como AGC Glass Europe, NCG Group y Saint-Gobain se han comprometido a reducir sus emisiones en un 30% para 2030 y alcanzar la neutralidad de carbono para 2050.

Estudios indican que un enfoque ambicioso podría reducir las emisiones de la producción de vidrio en un 30% para 2030 y hasta en un 80% para 2050 (utilizando 1990 como año base), con el reciclaje como medida clave a corto plazo y el uso de energía renovable y tecnologías de captura de carbono como enfoques a largo plazo. Se estima que aumentar el reciclaje del vidrio plano podría reducir las emisiones energéticas entre un 10-11% para 2030 y un 36-41% para 2050, por lo que conviene implementar una legislación más estricta que promueva la reutilización y el reciclaje de vidrio.

La descarbonización del sector del vidrio requiere cambiar a energía renovable, electrificar procesos, recuperar calor residual, y promover la reutilización y reciclaje de vidrio, especialmente en la renovación y deconstrucción de edificios. Además, desde 1990, la optimización de hornos, el aumento del uso de vidrio reciclado y la evolución en la mezcla energética han permitido importantes ahorros de CO₂.

Para avanzar hacia una industria del vidrio más sostenible, se deben considerar estrategias como evitar la demanda extendiendo las vidas útiles de edificios y componentes, incentivar y apoyar fuentes locales de producción y reciclaje de vidrio, mejorar la investigación sobre técnicas de fundición que eviten emisiones, cambiar la producción de vidrio a tecnologías eléctricas y fomentar el reciclaje, electrificar la producción, construcción y transporte con energía renovable, utilizar la intensificación de procesos y la recuperación de calor residual, diseñar componentes estándar y revestimientos para facilitar el reciclaje y la reutilización, y diseñar fachadas de vidrio que minimicen la absorción de calor y capturen energía solar para calefacción, refrigeración, agua e iluminación. Estas medidas, en conjunto, pueden contribuir a una reducción significativa del impacto ambiental de la industria del vidrio y a un futuro más sostenible.

OPORTUNIDADES PARA MEJORAR LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DEL VIDRIO Y AYUDAR A SU DESCARBONIZACIÓN COMPLETA

1 Aumentar el uso de vidrio reciclado

- A. Incrementar la tasa de reciclaje del vidrio. Implementar programas para aumentar la recolección y reciclaje del vidrio, logrando una tasa de reciclaje del 100% del vidrio de construcción al final de su vida útil, reutilizado en la producción de vidrio plano. Esto ayuda a reducir la energía necesaria para fundir las materias primas y disminuye las emisiones de CO₂.
- B. Promover el uso de "cullet" en la producción de vidrio. Incentivar el uso de vidrio reciclado en la mezcla de materias primas para disminuir el consumo de energía en un 2-3% por cada 10% de cullet utilizado, reduciendo así las emisiones de CO₂ del proceso.
- C. Cerrar el círculo de reciclaje. Desarrollar sistemas eficientes para la recolección, procesamiento y reutilización del vidrio reciclado, mejorando la sostenibilidad ambiental, económica y social de la industria.

2 Cambiar a energía neutra en carbono

- A. Adoptar el biogás como fuente de energía. Utilizar biogás, especialmente biometano de calidad similar al gas natural, como combustible para los hornos de vidrio plano. A pesar de los desafíos de costo y distribución, esta alternativa puede reducir significativamente las emisiones de CO₂.
- B. Incorporar el hidrógeno en el proceso de producción. Investigar y adaptar la tecnología del horno para inyectar más del 20% de hidrógeno en la red de gas. El hidrógeno puede reemplazar parcialmente los combustibles fósiles, aunque requiere superar desafíos técnicos y de seguridad.
- C. Transicionar a la electricidad neutra en carbono. Desarrollar tecnologías avanzadas para permitir la fusión eléctrica completa en hornos de vidrio plano, utilizando electricidad de fuentes renovables. Esto implica superar las limitaciones actuales de temperatura y capacidad de producción.

3 Capturar, Utilizar y Almacenar Carbono (CCUS)

- A. Implementar tecnologías de captura de carbono. Desarrollar e instalar sistemas de captura de carbono en las plantas de producción de vidrio para abordar las emisiones del proceso que no pueden evitarse con un cambio de energía. Esto requiere una infraestructura de transporte y almacenamiento adecuada.
- B. Utilizar CO₂ capturado en nuevos productos. Fomentar la innovación en la utilización del CO₂ capturado en la fabricación de nuevos productos, como materiales de construcción, para crear un mercado para el carbono capturado.
- C. Desarrollar una infraestructura de CCS/CCU. Crear una red extensiva de transporte y almacenamiento de carbono, superando las barreras técnicas y sociales para implementar soluciones a gran escala para 2050.

4 Mejorar la Eficiencia Energética

- A. Implementar la norma ISO 50001. Adoptar la norma ISO 50001 para la gestión de la energía en las plantas de producción de vidrio, mejorando la eficiencia energética y reduciendo las emisiones de carbono.
- B. Definir y adoptar mejores prácticas. Establecer y difundir las mejores prácticas de eficiencia energética en la industria del vidrio, incluyendo la optimización de procesos y la actualización de equipos.
- C. Actualizar equipos y procesos. Modernizar los equipos de producción y optimizar los procesos para mejorar la eficiencia energética y reducir el consumo de energía.

5 Mejorar el Diseño y Optar por Fuentes Verdes

- A. Cambiar a biogás y energía eólica. Sustituir las fuentes de energía tradicionales por biogás y energía eólica para reducir las emisiones de carbono en la producción de vidrio.
- B. Reutilizar el calor excedente. Implementar sistemas para capturar y reutilizar el calor excedente generado durante el proceso de producción, mejorando la eficiencia energética.
- C. Repensar el diseño del vidrio. Rediseñar los productos de vidrio para mejorar su eficiencia térmica y estructural, reduciendo así la cantidad de material necesario y las emisiones de carbono asociadas.

6 Implementar Nuevas Tecnologías y Electrificación

- A. Desarrollar nuevas tecnologías para la producción de vidrio. Invertir en investigación y desarrollo de tecnologías innovadoras que mejoren la eficiencia y sostenibilidad de la producción de vidrio.
- B. Adoptar hornos eléctricos. Sustituir los hornos tradicionales por hornos eléctricos para reducir las emisiones de carbono, aprovechando la electricidad generada a partir de fuentes renovables.
- C. Utilizar bombas de calor. Implementar bombas de calor para la calefacción de procesos en la producción de vidrio, mejorando la eficiencia energética.
- D. Capturar el carbono. Instalar tecnologías de captura de carbono para reducir las emisiones de CO₂ generadas durante la producción de vidrio.

7 Mejorar el Rendimiento de los Materiales Estructurales

- A. Mejorar la resistencia y resiliencia del vidrio. Desarrollar y utilizar materiales de vidrio con mayor resistencia y resiliencia para reducir la cantidad de material necesario, disminuyendo así las emisiones de carbono incorporado en los proyectos de construcción
- B. Utilizar vidrio de alto rendimiento. Emplear vidrio de alto rendimiento reforzado con fibras para reemplazar el vidrio típico, reduciendo las emisiones de carbono incorporado en aplicaciones estructurales

ALUMINIO

La producción de aluminio consume mucha energía, principalmente eléctrica. Descarbonizar la red eléctrica es clave para reducir las emisiones de este sector, lo que requiere una transición hacia energías renovables. Aunque solo el 34% del aluminio se recicla, se espera que para 2060 la producción dependa mayormente de chatarra y energía renovable. Esto es crucial para reducir la huella de carbono del aluminio, especialmente en el sector de la construcción, que usa el 27% del aluminio producido.

Para hacer más sostenible esta industria, es esencial reducir la demanda de aluminio nuevo mediante reciclaje y reutilización, y utilizar electricidad renovable. Además, la economía circular puede ser fomentada con regulaciones que estandaricen y promuevan la reutilización del aluminio. Electrificar equipos de construcción y mejorar la eficiencia en el uso del aluminio en la construcción son también estrategias clave para disminuir las emisiones y avanzar hacia una producción más sostenible y circular.

OPORTUNIDADES PARA MEJORAR LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DEL ALUMINIO Y AYUDAR A SU DESCARBONIZACIÓN COMPLETA

1 Descarbonizar la electricidad

- A. Transicionar a electricidad renovable. Sustituir la electricidad generada a partir de combustibles fósiles por electricidad proveniente de fuentes renovables, como la energía hidroeléctrica, solar y eólica, en el proceso de producción de aluminio. Esto reducirá significativamente las emisiones de CO₂ asociadas con la producción de aluminio.
- B. Implementar contratos de compra de energía renovable (PPA). Establecer acuerdos a largo plazo con proveedores de energía renovable para garantizar un suministro constante y sostenible de electricidad.
- C. Invertir en generación de energía renovable. Desarrollar proyectos propios de generación de energía renovable, como plantas solares o parques eólicos, para abastecer las operaciones de producción de aluminio.
- D. Implementar tecnología de captura, utilización y almacenamiento de carbono (CCUS). Desarrollar e integrar tecnologías CCUS para capturar el CO₂ producido durante la generación de energía y almacenarlo de manera segura, reduciendo las emisiones a casi cero para 2050.

2 Reducir las emisiones directas

- A. Electrificar procesos industriales. Utilizar equipos eléctricos en lugar de aquellos que funcionan con combustibles fósiles en la producción de aluminio, disminuyendo así las emisiones directas de CO₂.
- B. Adoptar el hidrógeno renovable como combustible. Sustituir los combustibles fósiles por hidrógeno producido a partir de fuentes renovables para reducir las emisiones de CO₂ en el proceso de producción de aluminio.
- C. Desarrollar y utilizar ánodos inertes. Implementar el uso de ánodos inertes en los procesos de producción de aluminio para reducir las emisiones de CO₂ generadas durante la electrólisis.

3 Reciclaje y eficiencia de recursos

- A. Aumentar las tasas de recolección de aluminio. Implementar políticas y sistemas eficientes de recolección de aluminio para aumentar la tasa de reciclaje y reducir la necesidad de producción de aluminio primario.
- B. Mejorar la eficiencia de recursos. Optimizar el uso de recursos en la producción de aluminio, minimizando el desperdicio y maximizando la reutilización de materiales.
- C. Desarrollar tecnologías avanzadas de reciclaje. Invertir en la investigación y desarrollo de tecnologías de reciclaje que mejoren la eficiencia y calidad del aluminio reciclado.
- D. Fomentar la reutilización de aluminio. Desarrollar programas que promuevan la reutilización de componentes de aluminio en lugar de fabricar nuevos, reduciendo la demanda de material primario.
- E. Implementar regulaciones estrictas para el diseño de la circularidad de las piezas de componentes. Crear regulaciones que obliguen a los fabricantes a diseñar componentes de aluminio que sean fácilmente desmontables y reutilizables.
- F. Desarrollar estándares de circularidad para el aluminio. Crear y adoptar estándares industriales que aseguren que los productos de aluminio sean diseñados para la circularidad y la sostenibilidad.
- G. Certificar componentes reutilizados. Implementar un sistema de certificación para componentes de aluminio desmontados y reutilizados, garantizando su integridad y desempeño.

4 Optimización del uso del material

- A. Optimizar el diseño de productos. Diseñar productos de aluminio de manera eficiente, evitando el uso excesivo del material sin comprometer la calidad o el desempeño.
- B. Promover el uso de aluminio reciclado. Incentivar la utilización de aluminio reciclado en lugar de material primario en la fabricación de nuevos productos.
- C. Implementar regulaciones para evitar la sobreespecificación. Crear normativas que limiten la especificación excesiva de aluminio en proyectos de construcción y fabricación.

5 Electrificar equipos pesados de construcción y transporte

- A. Desarrollar equipos de construcción eléctricos. Investigar y desarrollar maquinaria pesada de construcción eléctrica para reducir las emisiones de CO₂ en las obras de construcción.
- B. Adoptar vehículos de transporte eléctricos. Sustituir los vehículos de transporte que operan con combustibles fósiles por vehículos eléctricos para minimizar las emisiones de carbono en la cadena de suministro del aluminio.
- C. Implementar infraestructura de carga. Desarrollar una infraestructura adecuada para la carga de equipos y vehículos eléctricos en las plantas de producción y sitios de construcción.

6 Especificar envolventes de construcción de alto rendimiento

- A. Utilizar envolventes de alto rendimiento. Diseñar y especificar envolventes de construcción que mejoren la eficiencia energética de los edificios, utilizando aluminio reciclado y de bajo impacto ambiental.
- B. Promover el uso de materiales sostenibles en la construcción. Incentivar el uso de materiales de construcción sostenibles y de alto rendimiento en proyectos de edificación, reduciendo así la demanda de aluminio nuevo.
- C. Desarrollar normativas para envolventes sostenibles. Crear regulaciones que obliguen a utilizar envolventes de construcción de alto rendimiento en nuevos proyectos de construcción.

PLÁSTICO

Los plásticos, materiales omnipresentes con altas tasas de crecimiento, presentan un desafío ambiental significativo debido a sus bajas tasas de reciclaje, inferiores al 10%. En 2019, representaron el 3,4% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, y en 2015, el 16% de los plásticos en Estados Unidos se utilizaron en edificios y construcción, abarcando aplicaciones desde tuberías hasta revestimientos y embalajes. La mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a los plásticos proviene de la producción de resina primaria (61%), seguida de los procesos de conversión (30%) y el procesamiento al final de su vida útil (9%).

La transición hacia una industria del plástico más sostenible requiere un enfoque multifacético. Es crucial evitar productos no reciclables, fomentar fuentes de energía renovables, reducir el uso de plásticos en la construcción y fomentar plásticos basados en biomasa y biodegradables. También es necesario diseñar plásticos que faciliten el desmontaje y reciclaje, estandarizar su composición química, y mejorar la recolección y reciclaje.

Además, alargar la vida útil de los plásticos y gestionar mejor los recursos puede reducir la demanda de nuevos plásticos. Estas acciones son clave para una transición hacia una industria más circular y respetuosa con el medio ambiente.

OPORTUNIDADES PARA MEJORAR LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DEL PLÁSTICO Y AYUDAR A SU DESCARBONIZACIÓN COMPLETA

1 Electrificar y capturar carbono en refinación, cracking y polimerización

- A. Electrificar procesos industriales. Implementar tecnologías de electrificación en los procesos de refinación, cracking y polimerización para reducir las emisiones de CO₂ entre un 30-50%.
- B. Implementar tecnología de captura, utilización y almacenamiento de carbono (CCUS). Desarrollar e integrar tecnologías CCUS para capturar el CO₂ producido durante la refinación y polimerización, reduciendo significativamente las emisiones.

2 Utilizar biomasa como materia prima

- A. Sustituir materias primas fósiles por biomasa. Utilizar biomasa como materia prima en la producción de plásticos para reducir las emisiones de CO₂ entre un 10-30%.
- B. Desarrollar tecnologías para el uso de biomasa. Investigar y desarrollar nuevas tecnologías que permitan el uso eficiente y sostenible de biomasa en la producción de plásticos.

3 Sustituir combustibles fósiles por biocombustibles

- A. Adoptar biocombustibles en procesos industriales. Sustituir combustibles fósiles por biocombustibles en los procesos de producción de plásticos, logrando una reducción de emisiones de CO₂ entre un 10-30%.
- B. Promover el desarrollo de biocombustibles avanzados. Invertir en la investigación y desarrollo de biocombustibles de segunda generación que no compitan con los alimentos y tengan un menor impacto ambiental.

4 Aumentar el uso de alimentación reciclada y biobasada

- A. Fomentar el uso de plásticos reciclados. Integrar plásticos reciclados en la producción de nuevos productos plásticos, reduciendo así la necesidad de resinas primarias y disminuyendo las emisiones de CO₂ entre un 5-10%.
- B. Promover plásticos biobasados. Desarrollar y utilizar plásticos biobasados y biodegradables en lugar de plásticos tradicionales, contribuyendo a la reducción de emisiones de CO₂.

5 Mejorar el reciclaje de plásticos

- A. Invertir en la recolección y clasificación de plásticos. Mejorar los sistemas de recolección y clasificación de plásticos para aumentar las tasas de reciclaje.
- B. Desarrollar tecnologías avanzadas de reciclaje mecánico y químico. Invertir en tecnologías que permitan el reciclaje eficiente y de alta calidad de plásticos, reduciendo la dependencia de la producción de resina primaria.
- C. Fomentar el reciclaje químico. Apoyar la investigación y desarrollo de tecnologías de reciclaje químico que permitan descomponer los plásticos en sus componentes básicos para su reutilización.

6 Diseñar para el desmontaje y la reutilización

- A. Crear productos plásticos desmontables. Diseñar productos plásticos que sean fácilmente desmontables para facilitar su reutilización y reciclaje.
- B. Promover el diseño modular. Fomentar el uso de diseños modulares en productos plásticos para facilitar la reparación, actualización y reutilización de componentes.

7 Estandarizar la composición química de los polímeros

- A. Definir estándares químicos para polímeros. Estandarizar la composición química de los polímeros utilizados en la producción de plásticos para facilitar el reciclaje y mejorar la calidad del material reciclado.
- B. Aumentar la transparencia en la composición de plásticos. Requerir que los fabricantes proporcionen información clara y estandarizada sobre la composición química de los plásticos.

8 Rastrear el uso de material para evitar el desperdicio

- A. Implementar sistemas de rastreo de materiales. Desarrollar e implementar sistemas que permitan rastrear el uso de materiales plásticos a lo largo de su ciclo de vida para minimizar el desperdicio y optimizar el uso de recursos disponibles.
- B. Promover la economía circular. Fomentar prácticas que permitan la recuperación y reutilización de plásticos en lugar de su eliminación.

9 Aumentar la vida útil del material con prácticas de mantenimiento de bajo carbono

- A. Implementar programas de mantenimiento. Desarrollar programas de mantenimiento que prolonguen la vida útil de los productos plásticos, reduciendo así la necesidad de fabricar nuevos productos y disminuyendo las emisiones de CO₂.
- B. Fomentar el uso de materiales duraderos. Promover el uso de plásticos de alta durabilidad en aplicaciones donde sea posible, para reducir la frecuencia de reemplazo y el impacto ambiental.

10 Evitar la producción de productos plásticos no reciclables

- A. Prohibir productos plásticos no reciclables. Establecer regulaciones que prohíban la producción y venta de productos plásticos no reciclables que dañen la biosfera.
- B. Desarrollar alternativas sostenibles. Fomentar la investigación y desarrollo de materiales alternativos a los plásticos no reciclables que sean biodegradables o fácilmente reciclables.

11 Reducir el uso de plásticos en materiales de construcción

- A. Promover materiales alternativos. Fomentar el uso de materiales alternativos a los plásticos en la construcción, siempre que sea posible, para reducir la demanda de plásticos.
- B. Incentivar el uso de plásticos reciclados en construcción. Promover el uso de plásticos reciclados en aplicaciones de construcción para minimizar el uso de resina primaria.

12 Utilizar plásticos basados en biomasa y biodegradables con energía renovable

- A. Desarrollar plásticos biobasados. Fomentar la producción y uso de plásticos basados en biomasa y biodegradables, utilizando energía renovable en su producción.
- B. Incentivar la adopción de plásticos biodegradables. Promover el uso de plásticos biodegradables en aplicaciones donde sea viable, para reducir el impacto ambiental de los residuos plásticos.

ASFALTO

El asfalto, esencial para construir carreteras, tiene un alto impacto ambiental debido a su proceso de fabricación, que consume mucha energía. El proceso más común implica calentar y mezclar diversos minerales con un conglomerante de asfalto precalentado, generalmente betún, y a menudo se incorpora Pavimento Asfáltico Recuperado (RAP) calentado. Toda esta mezcla se mantiene a altas temperaturas durante el transporte hasta su aplicación en la construcción de carreteras, lo que conlleva un consumo energético considerable.

Para hacer el asfalto más ecológico, se pueden usar combustibles más limpios como el gas natural y combinarlo con tecnologías para capturar carbono. Otra opción es usar hidrógeno o electricidad para calentar el asfalto, evitando la captura de carbono.

La reducción de la temperatura de mezcla del asfalto mediante el uso de asfalto de mezcla tibia/fría es otra estrategia prometedora. Al agregar aditivos a la mezcla, se puede reducir la temperatura necesaria para su aplicación, disminuyendo así la energía total requerida en el proceso. Además, se están desarrollando múltiples sustitutos del betún, como el uso de lignina o productos de desechos biológicos. Aumentar el uso de asfalto reciclado (RAP) también ayuda a reducir la necesidad de materiales nuevos.

Además de estas opciones principales, están surgiendo innovaciones prometedoras. Como usar componentes biológicos que atrapan carbono, podrían hacer que el asfalto sea un sumidero de carbono. En resumen, para que el asfalto sea más sostenible, debemos usar energías más limpias, bajar las temperaturas de mezcla, buscar nuevos materiales y reciclar más, mientras seguimos explorando innovaciones que mejoren su impacto ambiental.



OPORTUNIDADES PARA MEJORAR LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DEL ASFALTO Y AYUDAR A SU DESCARBONIZACIÓN COMPLETA

1 Sustituir Combustibles Fósiles por Energías de Menor Carbono

- A. Adoptar portadores de energía de menor carbono. Utilizar gas natural en lugar de combustibles fósiles tradicionales para el calentamiento en la producción de asfalto puede reducir las emisiones de CO₂ en un 20-30%. Implementar tecnologías de captura y almacenamiento de carbono (CCUS) para mitigar las emisiones restantes puede llevar a una reducción adicional del 10-20%. Esta combinación puede reducir las emisiones totales en un 30-50%.
- B. Desarrollar tecnologías de CCUS. Invertir en la investigación y desarrollo de tecnologías CCUS que sean aplicables a la producción de asfalto, asegurando que el CO₂ capturado pueda ser almacenado o reutilizado eficientemente.

2 Utilizar Hidrógeno o Electricidad para el Calentamiento

- A. Adoptar hidrógeno como fuente de energía. Utilizar hidrógeno producido a partir de fuentes renovables (hidrógeno verde) para el calentamiento en la producción de asfalto puede eliminar las emisiones de carbono del proceso de calentamiento. Este cambio puede resultar en una reducción del 30-50% en las emisiones totales.
- B. Implementar electricidad renovable. Sustituir el calentamiento basado en combustibles fósiles por electricidad generada a partir de fuentes renovables, como la solar o la eólica, puede reducir las emisiones de CO₂ en un 40-60%. Las tecnologías de calentamiento eléctrico deben ser desarrolladas y adaptadas para su uso eficiente en la producción de asfalto.

3 Reducir la Temperatura de Mezclado mediante Asfalto de Mezcla Tibia/Fría

- A. Agregar aditivos a la mezcla de asfalto. Utilizar aditivos como agentes espumantes, ceras y surfactantes permite que el asfalto se mezcle y se compacte a temperaturas más bajas (30-40°C menos), reduciendo así el consumo de energía en un 20-35% y las emisiones de CO₂ en un 15-25%.
- B. Desarrollar tecnologías de mezcla tibia/fría. Promover la investigación y la adopción de tecnologías de mezcla tibia/fría en la industria del asfalto puede aumentar la eficiencia energética y disminuir el impacto ambiental de la producción de pavimento.

4 Sustituir Materiales Bituminosos

- A. Desarrollar sustitutos del betún. Investigar y desarrollar alternativas al betún, como el uso de lignina, desechos biológicos y otros aglutinantes renovables. La lignina, un subproducto de la industria papelera, puede sustituir parcialmente al betún, reduciendo la huella de carbono de los pavimentos asfálticos en un 10-30%.
- B. Implementar componentes de base biológica. Utilizar componentes biológicos en la mezcla de asfalto que puedan actuar como sumideros de carbono, atrapando el CO₂ y evitando su liberación a la atmósfera. Esto puede transformar al asfalto en un material con propiedades de captura de carbono.

5 Aumentar la Proporción de Asfalto Reciclado

- A. Fomentar el uso de Pavimento Asfáltico Recuperado (RAP). Incrementar el uso de RAP en nuevas mezclas de pavimento puede reducir la necesidad de materiales vírgenes y disminuir las emisiones relacionadas con la producción de asfalto en un 20-25%. Actualmente, la inclusión de RAP puede variar entre el 10-50%, y aumentar esta proporción puede tener beneficios ambientales significativos.
- B. Desarrollar sistemas de gestión de residuos. Implementar sistemas eficientes para recolectar, clasificar y distribuir RAP asegurará su disponibilidad y calidad para su reutilización en la producción de asfalto. Esto incluye la creación de infraestructuras y políticas que apoyen la recolección y el reciclaje de pavimento.

6 Mejorar la Eficiencia en el Uso de Materiales y Energía

- A. Optimizar procesos de producción. Mejorar la eficiencia energética y de materiales en todas las etapas de la producción de asfalto puede reducir el consumo de energía en un 10-20%. Esto incluye la modernización de plantas de asfalto, la adopción de tecnologías de producción más eficientes y la optimización de la logística y el transporte.
- B. Desarrollar tecnologías de eficiencia energética. Investigar y adoptar tecnologías que reduzcan el consumo de energía en la producción de asfalto, como los sistemas de recuperación de calor y la automatización de procesos. Estas tecnologías pueden mejorar la sostenibilidad del proceso de producción de pavimento.

7 Innovaciones en el Uso de Componentes de Base Biológica para Atrapar Carbono

- A. Desarrollar componentes biológicos innovadores. Investigar y utilizar componentes biológicos en la mezcla de asfalto que puedan atrapar carbono, como ciertas resinas vegetales y biopolímeros. Estos materiales pueden convertir al asfalto en un sumidero de carbono, contribuyendo a la reducción de CO₂ atmosférico.
- B. Promover la investigación y desarrollo. Fomentar la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y materiales que mejoren la capacidad del asfalto para atrapar y almacenar carbono de manera efectiva. Apoyar proyectos piloto y estudios a gran escala para evaluar el potencial de estas innovaciones.

MATERIAL CERÁMICO

A pesar que la eficiencia energética en la industria cerámica ha aumentado en las últimas décadas, los costos de la energía siguen representando alrededor del 30% de los costos de producción y una parte importante de las emisiones relacionadas con la producción. Por ejemplo, la producción de azulejos y baldosas, ladrillos y tejas, y refractarios genera 19 Mt de emisiones de CO₂ al año en la Unión Europea, mientras que el ladrillo representa el 20% de las emisiones mundiales de carbono.

Mejorar la eficiencia energética mediante la optimización de los procesos, reformular los materiales para una cocción más eficiente de la cerámica, mejorar la gestión de la energía y el cambio de combustible ofrecen, por tanto, vías económicamente viables para la reducción del CO₂. Diferentes estudios demuestran que, para unas mismas condiciones de fabricación, las diferencias entre productos cerámicos pueden llegar hasta un 27% para la huella de carbono y un 35% para la energía embebida, mientras que la relevancia que alcanza el impacto asociado al transporte del producto a obra puede llegar hasta un 40% del total.

La optimización de los insumos utilizando los principios de la economía circular puede reducir sustancialmente la necesidad de extracción de materias primas, así como las emisiones asociadas a esta. Por ejemplo, el uso de residuos de vidrio y lodos de papel, ambos productos de desecho de otras industrias, puede suponer un ahorro económico y una reducción significativa de las temperaturas de cocción de la cerámica. Estudios sugieren que la reutilización y el reciclado de los residuos cerámicos, que representan aproximadamente el 50% de los residuos de demolición y construcción, pueden mejorar la calidad de los productos cerámicos y, al mismo tiempo, mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y reducir los residuos en los vertederos.

OPORTUNIDADES PARA MEJORAR LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DEL MATERIAL CERÁMICO Y AYUDAR A SU DESCARBONIZACIÓN COMPLETA

1 Regular el cierre de canteras para restaurar paisajes naturales

- A. Establecer regulaciones claras para el cierre de canteras. Crear normativas específicas que obliguen a las empresas a restaurar los paisajes naturales después del cierre de las canteras. Esto ayudará a mitigar el impacto ambiental y a devolver el terreno a un estado natural.
- B. Implementar programas de rehabilitación ambiental. Desarrollar programas que incluyan la plantación de árboles, la creación de hábitats naturales y la estabilización del suelo para restaurar la biodiversidad y los ecosistemas locales.

2 Utilizar ladrillos estructurales y de revestimiento para aumentar la longevidad y reducir el mantenimiento

- A. Seleccionar materiales de alta durabilidad. Optar por ladrillos estructurales y de revestimiento que tengan una larga vida útil y requieran menos mantenimiento, lo cual reduce la frecuencia de las reparaciones y las emisiones asociadas.
- B. Promover el uso de ladrillos de alta calidad en la construcción. Incentivar el uso de ladrillos de alta calidad en proyectos de construcción para mejorar la resistencia y durabilidad de las estructuras.

3 Sustituir aglutinantes de cemento de alta emisión de carbono por alternativas de menor carbono

- A. Identificar y utilizar alternativas de bajo carbono. Sustituir los aglutinantes de cemento tradicionales, que tienen altas emisiones de carbono, por alternativas como cenizas volantes y lodos de aguas residuales.
- B. Investigar y desarrollar nuevos aglutinantes sostenibles. Fomentar la investigación y el desarrollo de nuevos aglutinantes que reduzcan aún más las emisiones de carbono y sean viables para su uso en la producción de materiales cerámicos.

4 Emplear alternativas de cemento/mortero como cenizas volantes y lodos de aguas residuales

- A. Integrar cenizas volantes y lodos de aguas residuales en la producción. Utilizar estos subproductos industriales como alternativas al cemento y mortero tradicionales para reducir las emisiones de carbono.
- B. Evaluar el rendimiento y la sostenibilidad de estas alternativas. Realizar estudios para evaluar la eficacia y la sostenibilidad de las cenizas volantes y los lodos de aguas residuales en la producción de materiales cerámicos.

5 Diseñar mampostería para el desmontaje y reutilización

- A. Crear diseños modulares y desmontables. Diseñar sistemas de mampostería que permitan un fácil desmontaje y reutilización de los materiales, promoviendo así una economía circular en la construcción.
- B. Fomentar el uso de técnicas de construcción desmontables. Educar a profesionales de la arquitectura y de la ingeniería sobre las técnicas de construcción que facilitan el desmontaje y la reutilización de los materiales.

6 Fomentar la mampostería de tierra de bajo carbono

- A. Promover el uso de mampostería de tierra cruda. Incentivar el uso de tierra cruda como material de construcción, ya que tiene una huella de carbono significativamente menor en comparación con los materiales convencionales.
- B. Desarrollar normativas que apoyen el uso de materiales de bajo carbono. Establecer regulaciones y estándares que faciliten y promuevan el uso de mampostería de tierra cruda en la construcción.

7 Educar a los y las profesionales del diseño en métodos para aumentar la longevidad de la mampostería no estabilizada con cemento

- A. Ofrecer programas de formación y certificación. Implementar programas educativos para profesionales de la arquitectura, la ingeniería y la construcción sobre las mejores prácticas para aumentar la longevidad de la mampostería no estabilizada con cemento.
- B. Publicar guías y manuales técnicos. Crear y distribuir material educativo que detalle los métodos y técnicas para mejorar la durabilidad de la mampostería no estabilizada.

8 Incentivar la renovación sobre la demolición

- A. Establecer incentivos financieros para la renovación. Ofrecer subsidios, créditos fiscales y otros incentivos financieros para promover la renovación de edificios existentes en lugar de su demolición.
- B. Promover políticas de conservación y renovación. Implementar políticas que favorezcan la conservación y renovación de estructuras existentes, reduciendo así la demanda de nuevos materiales y las emisiones asociadas.

9 Mejorar la eficiencia energética

- A. Implementar ISO 50001. Adoptar la norma ISO 50001 para la gestión de la energía en las plantas de producción de materiales cerámicos, mejorando así la eficiencia energética y reduciendo las emisiones.
- B. Definir las mejores prácticas. Establecer y difundir las mejores prácticas de eficiencia energética en la industria cerámica, incluyendo la optimización de procesos y la actualización de equipos.
- C. Actualizar equipos y procesos. Modernizar los equipos de producción y optimizar los procesos para mejorar la eficiencia energética y reducir el consumo de energía.

10 Mejorar el diseño y optar por fuentes verdes

- A. Cambiar a biogás y energía eólica. Sustituir las fuentes de energía tradicionales por biogás y energía eólica para reducir las emisiones de carbono en la producción de materiales cerámicos.
- B. Reutilizar el calor excedente. Implementar sistemas para capturar y reutilizar el calor excedente generado durante el proceso de producción, mejorando la eficiencia energética.
- C. Repensar el diseño del ladrillo. Rediseñar los ladrillos para mejorar su eficiencia térmica y estructural, reduciendo así la cantidad de material necesario y las emisiones de carbono asociadas.

11 Implementar nuevas tecnologías y electrificación

- A. Desarrollar nuevas tecnologías para la producción de ladrillos. Invertir en investigación y desarrollo de tecnologías innovadoras que mejoren la eficiencia y sostenibilidad de la producción de ladrillos.
- B. Adoptar hornos eléctricos. Sustituir los hornos tradicionales por hornos eléctricos para reducir las emisiones de carbono, aprovechando la electricidad generada a partir de fuentes renovables.
- C. Utilizar bombas de calor. Implementar bombas de calor para la calefacción de procesos en la producción de materiales cerámicos, mejorando la eficiencia energética.
- D. Capturar el carbono. Instalar tecnologías de captura de carbono para reducir las emisiones de CO₂ generadas durante la producción de materiales cerámicos.

AISLAMIENTO

La industria del aislamiento se enfrenta al desafío de la descarbonización, careciendo de una hoja de ruta clara y con objetivos de reducción establecidos por los principales productores para 2030 que no se alinean completamente con los objetivos políticos de la UE, que buscan una reducción del 25% al 50% de CO₂e para ese año. Aunque algunos productores tienen como meta la neutralidad de carbono para 2050, el camino hacia esta meta no está claramente definido.

Las intervenciones para reducir las emisiones de CO₂e en la industria del aislamiento dependen en gran medida de la disponibilidad de energía renovable, lo que presenta un obstáculo importante para lograr reducciones significativas a corto plazo. La electrificación de procesos y la sustitución de combustibles fósiles por fuentes de energía renovable son estrategias clave, pero su implementación a gran escala requiere tiempo y recursos. Se estima que una reducción de alrededor del 40% en las emisiones de CO₂e para 2050 es alcanzable mediante una mayor ampliación de estas tecnologías, tomando como referencia el año 1990. El reciclaje de lana mineral y EPS también puede contribuir a la reducción de CO₂e, aunque su impacto aún no se ha cuantificado con precisión.

La mayoría de las emisiones en esta categoría de aislamiento provienen de la espuma de poliestireno expandido (EPS) y extruido (XPS), debido a los gases de efecto invernadero liberados durante su producción y a su uso generalizado en la construcción. Aunque la espuma XPS tiene una mayor intensidad de emisiones de material, el EPS se utiliza con más frecuencia en viviendas, lo que lo convierte en el principal contribuyente a las emisiones totales de este sector. La lana mineral, la fibra de vidrio y el polyiso también se utilizan como aislantes, pero representan una proporción menor de las emisiones totales debido a su menor intensidad de emisiones de material.



El aislamiento desempeña un papel crucial en la eficiencia energética de los edificios, ya que evita la pérdida de calor y reduce las emisiones operativas asociadas a la calefacción y refrigeración. Sin embargo, es importante considerar el impacto ambiental del propio material aislante. El uso de aislamiento con altas emisiones de material puede contrarrestar los beneficios de la eficiencia energética, lo que subraya la importancia de elegir materiales de aislamiento con bajas emisiones de carbono.

Las viviendas, en particular, representan una gran oportunidad para reducir las emisiones totales de material, ya que utilizan grandes cantidades de aislamiento. Al elegir aislamientos con bajas emisiones de carbono o incluso aquellos que pueden secuestrar carbono, se pueden lograr reducciones significativas en la huella de carbono de los edificios, al tiempo que se mejora su eficiencia energética. Esta estrategia es especialmente relevante en el contexto de la construcción de edificios de consumo energético casi nulo (nZEB), donde el aislamiento juega un papel fundamental en el cumplimiento de los estándares de eficiencia energética.

OPORTUNIDADES PARA MEJORAR LOS PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE LOS MATERIALES DE AISLAMIENTO Y AYUDAR A SU DESCARBONIZACIÓN COMPLETA

1 Eficiencia energética y cambio de combustible para la producción de plásticos y poliestireno expandido (EPS/XPS)

- A. Mejorar la eficiencia energética en la producción. Implementar tecnologías avanzadas de eficiencia energética en las plantas de producción de plásticos y EPS/XPS para reducir el consumo de energía en un 20-50%. Esto incluye la modernización de equipos, el uso de sistemas de recuperación de calor y la optimización de procesos industriales.
- B. Sustituir combustibles fósiles por energías renovables. Adoptar fuentes de energía renovable, como la energía solar, eólica y biomasa, para la generación de calor y electricidad en la producción de EPS/XPS. Este cambio puede reducir las emisiones de CO₂e en un 20-50%. Por ejemplo, el uso de biomasa en lugar de gas natural puede reducir las emisiones en aproximadamente un 30%.

2 Sustituir materiales - poliestireno a lana mineral

- A. Promover el uso de lana mineral. Incentivar la sustitución del poliestireno expandido (EPS) y extruido (XPS) por lana mineral en aplicaciones de aislamiento, logrando una reducción de emisiones de CO₂e del 10-30%. La lana mineral tiene una menor intensidad de emisiones de material en comparación con el poliestireno.
- B. Desarrollar normativas y estándares. Crear regulaciones que favorezcan el uso de lana mineral en proyectos de construcción, asegurando su adopción a gran escala. Por ejemplo, establecer estándares de construcción que requieran el uso de lana mineral en ciertas aplicaciones de aislamiento.

3 Electrificación de la producción de lana mineral

- A. Adoptar procesos de electrificación. Implementar tecnologías de electrificación en la producción de lana mineral para sustituir el uso de combustibles fósiles. Este cambio puede reducir las emisiones de CO₂e en un 10-30%. Utilizar hornos eléctricos y sistemas de calentamiento por inducción puede ser una opción viable.
- B. Utilizar electricidad renovable. Garantizar que la electricidad utilizada en la producción de lana mineral provenga de fuentes renovables, minimizando aún más las emisiones de carbono. Por ejemplo, firmar contratos de compra de energía renovable (PPA) con proveedores de energía solar o eólica.

4 Sustituir materiales - poliestireno a fibras naturales

- A. Fomentar el uso de fibras naturales. Promover el uso de materiales aislantes basados en fibras naturales, como el cáñamo, la lana de oveja y el algodón, en lugar de poliestireno. Esta sustitución puede reducir las emisiones de CO₂e en un 5-10%.
- B. Investigar y desarrollar materiales naturales. Apoyar la investigación y desarrollo de nuevos materiales aislantes basados en fibras naturales que tengan propiedades de aislamiento eficientes y bajas emisiones de carbono. Por ejemplo, la lana de oveja tiene una huella de carbono significativamente menor que el EPS.

5 Mejorar la eficiencia material

- A. Optimizar el uso de materiales. Implementar prácticas de diseño y producción que minimicen el desperdicio de materiales aislantes y maximicen su eficiencia. Esto puede lograr una reducción de emisiones de CO₂e en un 5-10%.
- B. Utilizar técnicas de fabricación avanzada. Adoptar tecnologías de fabricación aditiva y de precisión para reducir el uso excesivo de materiales y mejorar la eficiencia en la producción de aislantes. Por ejemplo, la fabricación aditiva puede reducir el desperdicio de materiales en un 20%.

6 Reciclaje y reutilización de materiales de aislamiento

- A. Aumentar el reciclaje de lana mineral y EPS. Implementar sistemas de recolección y reciclaje de materiales de aislamiento usados, asegurando que se reutilicen en lugar de ser desechados. Esto puede reducir las emisiones asociadas con la producción de nuevos materiales en un 10-20%.
- B. Desarrollar tecnologías de reciclaje avanzado. Invertir en la investigación y desarrollo de tecnologías de reciclaje que permitan la recuperación eficiente y de alta calidad de materiales aislantes. Por ejemplo, el reciclaje químico de EPS puede recuperar hasta el 90% del material original.

7 Reducir el impacto ambiental de los materiales de aislamiento

- A. Utilizar aislantes con bajas emisiones de carbono. Promover el uso de materiales de aislamiento que tengan una baja huella de carbono, como los aislantes biobasados y los que pueden secuestrar carbono. Por ejemplo, el uso de aislantes de celulosa puede reducir las emisiones de CO₂e en un 30% en comparación con el EPS.
- B. Evaluar el ciclo de vida de los materiales. Realizar ACVs para comparar el impacto ambiental de diferentes materiales de aislamiento y elegir aquellos con menores emisiones de CO₂e. Las ACV pueden identificar oportunidades para reducir el impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida del producto.

8 Innovaciones en materiales de aislamiento

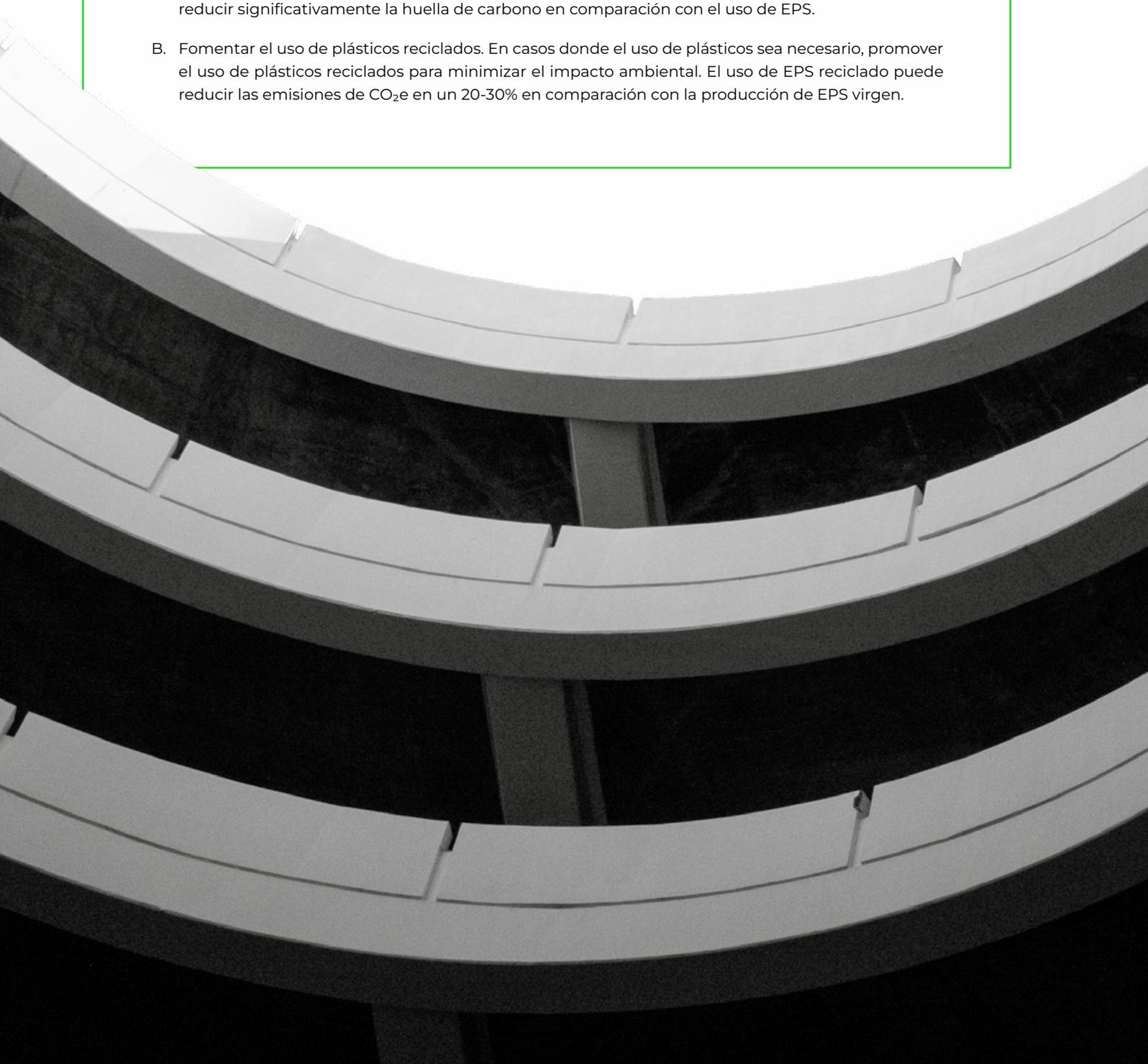
- A. Desarrollar materiales de aislamiento de nueva generación. Investigar y desarrollar nuevos materiales de aislamiento que ofrezcan propiedades de eficiencia energética mejoradas y bajas emisiones de carbono. Por ejemplo, el desarrollo de aislantes basados en aerogeles puede ofrecer una alta eficiencia térmica con una huella de carbono reducida.
- B. Implementar soluciones de aislamiento inteligentes. Desarrollar e integrar tecnologías de aislamiento inteligentes que mejoren la eficiencia energética de los edificios y reduzcan las emisiones operativas. Por ejemplo, los aislantes con propiedades de cambio de fase pueden mejorar la eficiencia térmica al almacenar y liberar calor según sea necesario.

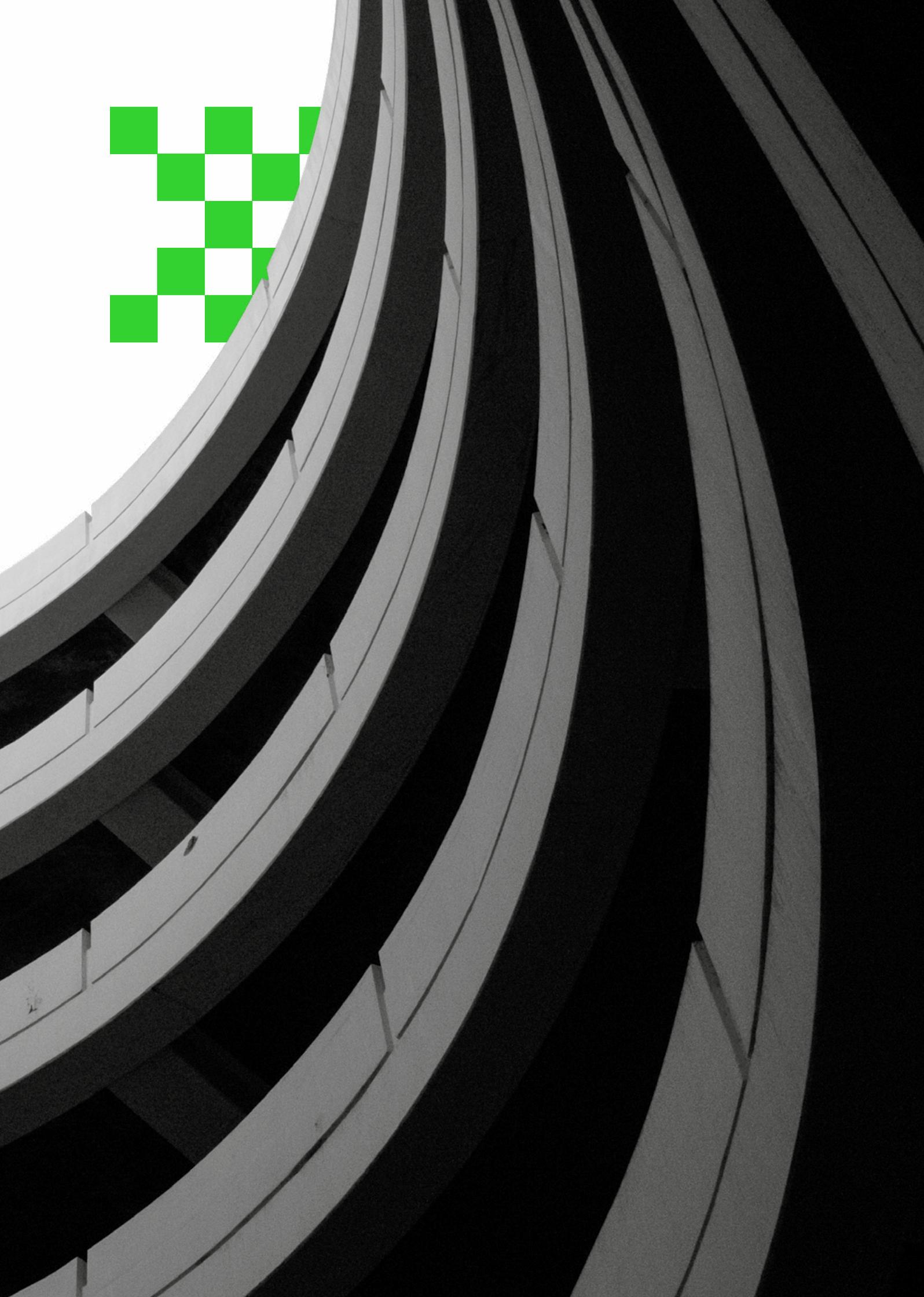
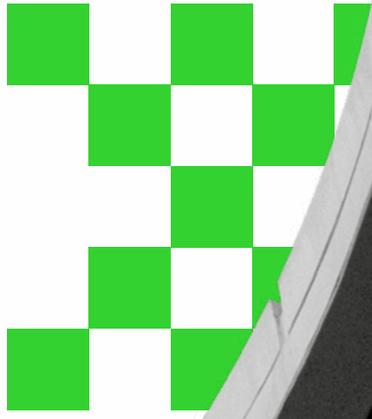
9 Fomentar la eficiencia energética en edificios

- A. Promover la construcción de edificios de consumo energético casi nulo (nZEB). Implementar normativas que requieran el uso de materiales de aislamiento eficientes en la construcción de edificios nZEB, asegurando que cumplan con los estándares de eficiencia energética. Los edificios nZEB pueden reducir el consumo de energía operativa en un 60-80%.
- B. Capacitar a profesionales del sector. Ofrecer programas de formación y certificación para profesionales de la arquitectura, la ingeniería y la construcción sobre el uso de materiales de aislamiento eficientes y sostenibles. La capacitación puede mejorar la adopción de prácticas de construcción sostenibles y la selección de materiales de bajo impacto ambiental.

10 Reducir el uso de plásticos en materiales de construcción

- A. Promover materiales alternativos al plástico. Incentivar el uso de materiales alternativos al plástico en aplicaciones de aislamiento, siempre que sea posible, para reducir la dependencia de materiales de alta emisión de carbono. Por ejemplo, el uso de aislantes de celulosa y fibras naturales puede reducir significativamente la huella de carbono en comparación con el uso de EPS.
- B. Fomentar el uso de plásticos reciclados. En casos donde el uso de plásticos sea necesario, promover el uso de plásticos reciclados para minimizar el impacto ambiental. El uso de EPS reciclado puede reducir las emisiones de CO₂e en un 20-30% en comparación con la producción de EPS virgen.







8

BIBLIOGRAFÍA

Adabre, M. A., Chan, A. P. C., Darko, A., & Hosseini, M. R. (2023). *Facilitating a transition to a circular economy in construction projects: intermediate theoretical models based on the theory of planned behaviour*. *Building Research & Information*, 51(1), 85–104. <https://doi.org/10.1080/09613218.2022.2067111>

Alimova, D., & Perkova, M. (2023). *COMPARATIVE ANALYSIS OF INTERNATIONAL STANDARDS FOR GREEN BUILDING*. *Bulletin of Belgorod State Technological University named after. V. G. Shukhov*. <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2023-8-4-55-66>.

Alonso-Epelde, Rodríguez-Zúñiga, García-Muros & González-Eguino (2022) *Impacto social y distributivo de la revisión de la Directiva sobre Fiscalidad Energética en España*. <https://www.funcas.es/articulos/impacto-social-y-distributivo-de-la-revision-de-la-directiva-sobre-fiscalidad-energetica-en-espana/>

Arcas, J. [et al.] (2022) *Hoja de ruta para la descarbonización de la edificación en todo su ciclo de vida*.

Architecture2030 (2023). *Why the built environment*. <https://www.architecture2030.org/why-the-built-environment/#:~:text=The%20built%20environment%20is%20responsible,of%20annual%20global%20CO2%20emissions>.

ARUP (2024). *Regenerative Design: Towards living in harmony with nature*.

ASCONGI (2022). *El sector de la construcción Gipuzkoa 2022*. <https://www.adegi.es/adegi/informe-construccion-gipuzkoa-2022-202306/>

ASCONGI (2022). *Licitación pública por obras en Gipuzkoa 2022*. <https://www.adegi.es/adegi/licitacion-por-obras-publicas-gipuzkoa-2022-202306/>

Atta, I., Bakhoum, E., & Marzouk, M. (2021). *Digitizing material passport for sustainable construction projects using BIM*. *Journal of Building Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103233>.

Ballesty, S., & Sawhney, A. (2023). *Decarbonisation of the Built Environment: using integrated life cycle and carbon emissions reporting*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1176. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1176/1/012046>.

Baydarashvili, M., Sakharova, A., & Shrednik, N. (2020). *Conservation of Mineral Resources in Transport and Civil Construction*. , 479-486. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0454-9_50.

Benachio, G., Freitas, M., & Tavares, S. (2020). *Circular economy in the construction industry: A systematic literature review*. *Journal of Cleaner Production*, 260, 121046. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121046>.

Benhelal, E., Zahedi, G., Shamsaei, E., & Bahadori, A. (2013). *Global strategies and potentials to curb CO2 emissions in cement industry*. *Journal of Cleaner Production*, 51, 142-161. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2012.10.049>.

BPIE assessment of the Commission proposal (2022): <https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2022/01/EPBD-recast-new-provisionsneed-sharpening-to-hit-climate-targets.pdf> and

BPIE assessment of co-legislators' positions (2023): https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2023/05/EPBD_Crunch-time-for-future-proof-buildings-legislation_final.pdf 4

BPIE (2021): https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2021/08/BPIE_Making-EPBD-fit-for-2030_Final.pdf

BPIE (Buildings Performance Institute Europe) (2021). *Deep Renovation: Shifting from exception to standard practice in EU Policy*. <https://www.bpie.eu/publication/deep-renovation-shifting-from-exception-to-standard-practice-in-eu-policy/>

BPIE (2024)

C40 Cities (2020). *Advancing Towards Net Zero: City Climate Action and Green Recovery*. C40 Cities Climate Leadership Group.

Carbon Neutral Cities Alliance. (n.d.). *Dramatically reducing embodied carbon in Europe*. Retrieved from <https://carbonneutral-cities.org/dramatically-reducing-embodied-carbon-in-europe/>

Carbon Risk Real Estate Monitor (CRREM), 2023a. *CRREM, Objectives & Benefits*

Carbon Risk Real Estate Monitor (CRREM), 2023b. *From global emission budgets to decarbonisation pathways at property level*

Carbon Risk Real Estate Monitor (CRREM), 2023c. *Risk Assessment Reference Guide - User manual for the CRREM Risk Assessment Tool V2*.

Cembureau (2020). *2050 Carbon Neutrality*. https://cembureau.eu/media/kuxd32gi/cembureau-2050-roadmap_final-version_web.pdf

CEOE (2022). *Claves del Paquete Fit for 55 de la Comisión Europea*. https://www.ceoe.es/sites/ceoe-corporativo/files/content/file/2022/04/05/104/2203_ceoe_claves-paquete-fit-for-55.pdf

Comisión Europea (2019), *comunicación de 11 de diciembre de 2019, El Pacto Verde Europeo COM 640 final*.

Comisión Europea (2020), *comunicación de 14 de enero de 2020, Plan de Inversiones para una Europa Sostenible – Plan de Inversiones del Pacto Verde Europeo COM 21 final*.

Comisión Europea (2020), *Comunicación de 20 de octubre de 2020 de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Intensificar la ambición climática de Europa para 2030: Invertir en un futuro climáticamente neutro en beneficio de nuestros ciudadanos*

Consejo de Europa y Parlamento Europeo. (2023). *Europa avanza hacia un acuerdo para impulsar la economía circular en la construcción*. RETEMA. Recuperado de <https://www.retema.es/actualidad/europa-avanza-hacia-un-acuerdo-para-impulsar-la-economia-circular-en-la-construccion>

Comisión Europea (2021). *Proposal for a COUNCIL DIRECTIVE restructuring the Union framework for the taxation of energy products and electricity (recast) COM/2021/563 final*. Comisión Europea. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0563&from=en>

Comisión Europea. (2023). *Directiva sobre la fundamentación y comunicación de las declaraciones medioambientales explícitas (Green Claims Directive)*. Pacto Mundial. Recuperado de <https://www.pactomundial.org/leyes-directivas-normativas-sostenibilidad/directiva-ecoblanqueo-greenwashing/>

CPEA (2023), *ESG in Construction and Real Estate Market Insights Report*. <https://www.cpea.eu/wp-content/uploads/2023/09/CPEA-EU-ESG-Working-Group-Report.pdf>

Deloitte (2023) *Decarbonising Construction: Building a Low-Carbon Future*. <https://www.shell.com/sustainability/our-climate-target/reducing-emissions-from-transport-and-industry/decarbonising-construction.html#vanity-aHR0cHM6Ly-93d3cuc2hlbGwuy29tL2RIY2FyYm9uaXNpbmctY29uc3RydW-N0aW9uLmh0bWw>

Davies, H., Gibb, A., & Docherty, I. (2017). *Infrastructure investment and business performance: Evaluating the evidence*. *Construction Management and Economics*, 35(5), 237-248. <https://doi.org/10.1080/01446193.2015.1090619>

Dodd N., Donatello S. & Cordella M., 2021. *Level(s) beta test phase analysis: Identification of horizontal themes and necessary technical updates from user survey feedback*, EUR 30696 EN

Drewniok, M., Azevedo, J., Dunant, C., Allwood, J., Cullen, J., Ibell, T., & Hawkins, W. (2023). *Mapping Material Use and Embodied Carbon in UK Construction*. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4153659>.

Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978-92-76-37555-5, doi:10.2760/762318, JRC124020. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC124020>

Ellen Macarthur Foundation, 2020. *Reimagining our buildings and spaces for a circular economy*

ERCST (*The European Roundtable on Climate Change and Sustainable Transition*) (2023) CBAM in a portfolio of measures for industrial decarbonization

ERCST (*The European Roundtable on Climate Change and Sustainable Transition*) (2024) 2024 State of the EU ETS Report

ERCST (2024) *The European Roundtable on Climate Change and Sustainable Transition* (2024) *Green Claims Directive: what to expect for climate-related claims?* https://ercst.org/ercst-policy-brief_working-paper_-_green-claims-directive-what-to-expect-for-climate-related-claims/

Estrada, Á., & Santabárbara, D. (2021). *Recycling Carbon Tax Revenues in Spain. Environmental and Economic Assessment of Selected Green Reforms*. Banco de España: Working Papers (Topic). <https://doi.org/10.2139/ssrn.3846013>.

EUROPEAN COMMISSION. (2020). *Stepping up Europe's 2030 climate ambition Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people*. COM (2020) 562 final.

EUROPEAN COMMISSION. (2020). *Tax policies in the European Union: 2020 survey*. https://ec.europa.eu/taxation_customs/system/files/2020-01/tax_policies_in_the_eu_survey_2020.pdf

EUROPEAN COMMISSION. (2020). *2020 report on the State of the Energy Union pursuant to Regulation (EU) 2018/1999 on Governance of the Energy Union and Climate Action*. COM (2020) 950 final.

European Commission, Joint Research Centre, Jenet, A., Lamperti Tornaghi, M., Tsionis, G., Sejersen, A., Moseley, P., De La Fuente Nuno, A., Wrobel, M., Hobbs, G., Guldager Jensen, K., Chevauche, C., Levy, M.H., Osset, P., Denton, S., Ottosen, L., Lynch, J., Lewis, M., Fuchs, M., Mian, L., Maurer, P. and Taucer, F., *Circular technologies in construction. Putting Science Into Standards*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2024, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/876431, JRC137756>.

Eurelectric. (2021). *Eurelectric's Position Paper on the EED Review*. Eurelectric. https://cdn.eurelectric.org/media/5644/eed_cl_post_redlines-2021-030-0592-01-e-h-39ADC4EF.pdf?_gl=1*u5buol*_ga*MTM3ODE1MjgwNS4xNzE2MzkxOTEz*_ga_CB82F90MQ6*MTcxNjM5MTkxMi4xLjAuMTcxNjM5MTkyM-y40OS4wLjA.

European Committee of Regions (2023), *Renovation wave, Guidance for local implementation*. https://cor.europa.eu/en/engage/studies/Documents/Renovation%20wave%20full%20study/Renovation%20wave_full%20study.pdf

European Commission. (2024). *CORDIS results pack on deep renovation: New approaches to transform the renovation market*. Retrieved from <https://cordis.europa.eu/article/id/429864-cordis-results-pack-on-deep-renovation>

European Investment Bank. (2024). *The Circular City Centre – C3: A guide for circularity in the urban built environment*. Retrieved from https://advisory.eib.org/_tools/resources/documents/a-guide-for-circularity-in-the-urban-built-environment.pdf

Fiestas, H. (2023). *The EU Taxonomy: Financing the Transition through Sustainable Investing*. ICE, Revista de Economía. <https://doi.org/10.32796/ice.2023.932.7658>.

Fotiou, T., Vita, A., & Capros, P. (2019). *Economic-Engineering Modelling of the Buildings Sector to Study the Transition towards Deep Decarbonisation in the EU*. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/EN12142745>.

Fundación Laboral de la Construcción. (n.d.). *Pact for Skills in Construction*. Retrieved May 25, 2024, from <https://www.fundacionlaboral.org/en/projects/training/forum-by-topic/pact-for-skills-in-construction>

Furszyfer del Rio et al. (2022). *Decarbonising the glass industry*. https://pureadmin.qub.ac.uk/ws/portalfiles/portal/288308009/Decarbonizing_the_glass_industry_FV_22092021.pdf

Gagg (2014) *Cement and concrete as an engineering material: an historical appraisal and case study analysis*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350630714000387?-via%3Dihub>

GCCA (2021). *The GCCA 2050 Cement and Concrete Industry Roadmap for Net Zero Concrete*. <https://gccassociation.org/concretefuture/wp-content/uploads/2021/10/GCCA-Concrete-Future-Roadmap-Overview-Spanish.pdf>

Geng, Y., et al. (2021). *Waste Valorization in the Construction Sector: Environmental and Economic Benefits*. *Journal of Cleaner Production*.

Gillott, C., Davison, B., & Tingley, D. (2022). *Drivers, barriers and enablers: construction sector views on vertical extensions*. *Building Research & Information*, 50, 909 - 923. <https://doi.org/10.1080/09613218.2022.2087173>.

Glass for Europe (2020). *Flat glass in climate-neutral Europe*. <https://glassforeurope.com/wp-content/uploads/2020/01/flat-glass-climate-neutral-europe.pdf>

Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency and the United Nations Environment Programme (2019): *2019 global status report for buildings and construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector*.

Global Cement and Concrete Association. (2024). *Futuro del hormigón: Plan de trabajo hacia una industria del cemento y hormigón neutra en carbono para 2050 de la Asociación Mundial de Productores de Cemento y Hormigón*. Retrieved from <https://www.globalcementconcreteassociation.org>

Heidelberg Materials. (2024). *Green finance framework*. Retrieved from <https://www.heidelbergmaterials.com/en/green-finance-framework>

Hertwich, E.G. *Increased carbon footprint of materials production driven by rise in investments*. *Nat. Geosci.* 14, 151–155 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41561-021-00690-8>

Hossain, M., & Poon, C. (2018). *Global warming potential and energy consumption of temporary works in building construction: A case study in Hong Kong*. *Building and Environment*. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2018.06.026>.

Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental (2016). *Guía de edificación y rehabilitación sostenible en edificios de viviendas*

Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental (2016). *Guías de Edificación Ambientalmente Sostenible. Edificios Industriales*

Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental (2016). *Guías de Edificación Ambientalmente Sostenible. Edificios Comerciales*

Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental (2016). *Guía de edificación y rehabilitación ambientalmente sostenible: edificios administrativos o de oficinas en la Comunidad Autónoma del País Vasco*

Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental (2021). *La construcción y rehabilitación sostenible de edificios, en el foco del Pacto Verde Europeo* <https://www.ihobe.eus/actualidad/construccion-y-rehabilitacion-sostenible-edificios-en-foco-pacto-verde-europeo#:~:text=El%20sector%20de%20la%20construcci%C3%B3n,se%20extraen%20en%20el%20mundo>.

Infrastructure Partnership Australia (2022). *Decarbonising Infrastructure*. https://issuu.com/infrapshipaus/docs/ipa_decarbonising_infrastructure?fr=sMDA1OTQyNzUzMjk

International Energy Agency (IEA), 2021. *Net Zero by 2050*. https://iea.blob.core.windows.net/assets/deebef5d-0c34-4539-9d0c-10b13d840027/NetZeroby2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf

International Energy Agency (IEA), 2023. *Buildings, IEA*. Paris, License: CC BY 4.0 <https://www.iea.org/energy-system/buildings>

International Energy Agency (IEA), (2023). *The Breakthrough Agenda Report 2023*. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/d7e6b848-6e96-4c27-846e-07bd3aef5654/THEBREAKTHROUGHAGENDAREPORT2023.pdf>

IPCC, 2013: Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: Cambio Climático 2013. Bases físicas. *Contribución del Grupo de trabajo al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change, *Sixth Assessment Report (2023)*. Chapter 9: Buildings (ipcc.ch). <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/chapter/chapter-9/>

IPCC (2018). *Informe Especial sobre el Calentamiento Global de 1.5°C. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*.

Ishtiaque, T. A., Wondimu, P. A., Memic, N., Andersen, B. S., Lædre, O., & Klakegg, O. J. (2024). *Ranking the benefits of early contractor involvement: a client's perspective*. *International Journal of Construction Management*, 1-12. <https://doi.org/10.1080/15623599.2024.2355766>

Jaglan, A., & Korde, N. (2023). *Capturing the Opportunity for Decarbonization in the Construction Industry: Emission-Free, Effective, and Resilient Solutions*. IOCBd 2023. <https://doi.org/10.3390/iocbd2023-15184>.

Kazak, T. (2022). *European Green Deal*. Yearbook of the Law Department. <https://doi.org/10.33919/yldnbn.20.9.12>.

KPMG International (2022). *European Green Deal policy guide Focus on 'Fit for 55 package'*

Lewis Akenji, Magnus Bengtsson, Viivi Toivio, Michael Lettenmeier, Tina Fawcett, Yael Parag, Yamina Saheb, Anna Coote, Joachim H. Spangenberg, Stuart Capstick, Tim Gore, Luca Coscieme, Mathis Wackernagel, Dario Kenner. 2021. *1.5-Degree Lifestyles: Towards A Fair Consumption Space for All*. Hot or Cool Institute, Berlin.

Limmeechokchai, B., Winyuchakrit, P., Pita, P., & Misila, P. (2023). *Climate Change 2022. International Journal of Building, Urban, Interior and Landscape Technology (BUILT)*. <https://doi.org/10.56261/built.v21.251490>.

López-Mesa, B., Hernández-Minguillón, R.J., Gómez-Gil, M., Arbulu, M. (2024). *Assessing the Effectiveness of Building Renovation Policies and Decarbonization Progress: A Review of European Legislation*. In: López-Mesa, B., Oregi, X. (eds) *Assessing Progress in Decarbonizing Spain's Building Stock. Digital Innovations in Architecture, Engineering and Construction*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-51829-4_1

Mandaroux, R., Dong, C., & Li, G. (2023). *A European Emissions Trading System Powered by Distributed Ledger Technology: An Evaluation Framework*. *Energies*, 16(14), 5443. <https://doi.org/10.3390/en16145443>

McKinsey & Company. (2022). *Building value by decarbonizing the built environment*. Retrieved from <https://www.mckinsey.com/industries/engineering-construction-and-building-materials/our-insights/building-value-by-decarbonizing-the-built-environment#/>

McKinsey (2023). *Circularity in the Built Environment*. <https://www.weforum.org/publications/circularity-in-the-built-environment-maximizing-co2-abatement-and-business-opportunities/>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021). *Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización*. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf

Naider (2024) <https://naider.com/naiderlab/conocimiento/analisis-experto/mision-2050-descarbonizar-europa/>

Natural Resources Canada. (2016). *MCE2 User Guide*. https://natural-resources.canada.ca/sites/nrcan/files/canmetenergy/files/MCE2_USER_GUIDE.pdf

New Climate (2020). https://newclimate.org/sites/default/files/2020/12/SGCCC-EU-Cementpaper-NewClimate_Nov2020.pdf

New York City Economic Development Corporation. (2024). *Circular construction guidelines*. Retrieved from <https://edc.nyc/sites/default/files/2024-03/NYCEDC-Circular-Construction-Guidelines-03-07-2024.pdf>

One Planet Network. (s.f.). *Manual de implementación de la metodología ACV*. Recuperado de https://www.oneplanetnetwork.org/sites/default/files/manual_implementacion_metodologia_acv.pdf

Oxford economics (2021) *Future of Construction. A Global Forecast for Construction to 2030*. <https://www.oxfordeconomics.com/wp-content/uploads/2023/08/Future-of-Construction-Full-Report.pdf>

Parlamento Europeo. (2017). *Renewable energy. European Parliament*. [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/es/document/04A_FT\(2017\)N54597](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/es/document/04A_FT(2017)N54597)

Peltokorpi, A. , Seppänen, O. , Lehtovaara, J. , Pikas, E. & Alhava, O. 2021, 'Developing a Framework for Systemic Transformation of the Construction Industry' In: Proc. 29th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC). Lima, Peru, 14-16 Jul 2021. pp 454-463. Available at: <https://iglc.net/Papers/Details/1867>

Ramboll, 2023. *A 1.5°C Pathway for the Global Buildings Sector's Embodied Emissions*.

Reed, B., Mang, P. (2007), *Regenerative Development and Design 2nd edition*. Iregenis group https://www.regenerat.es/wp-content/uploads/2024/01/2nd-Edition-Update-Regenerative_Design_and_Development.pdf

Reddy, B., Kumar, H., Ullas, S., & Gourav, K. (2016). *Non-Organic Solid Wastes - Potential Resource for Construction Materials*. Current Science, 111, 1968-1976. <https://doi.org/10.18520/CS/V111/I12/1968-1976>.

RICS (2023) *Decarbonising the built environment in the EU. Leveraging RICS standards for effective policy interventions*. <https://www.rics.org/news-insights/research-and-insights/decarbonising-the-built-environment-policy-reform-reports-for-key-market-governments>

Rondinel-Oviedo, Daniel & Keena, Naomi. (2022). *Embodied Carbon: A call to the building industry*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 1122. 012042. 10.1088/1755-1315/1122/1/012042.

Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS), 2023. *Whole Life Carbon Assessment for the Built Environment, RICS Professional Standard, 2nd edition* (Public consultation)

Röck, M.; Saade MR, M.; Balouktsi, M.; Rasmussen, F.N.; Birgisdottir, H.; Frischknecht, R.; Habert, G.; Lützkendorf, T.; Passer, A. (2020). *Embodied GHG emissions of buildings—The hidden challenge for effective climate change mitigation*. Appl. Energy 2020, 258, 114107

Science Based Targets initiative. (2021). *Criteria y recomendaciones de SBTi para objetivos a corto plazo*. Recuperado de https://sciencebasedtargets.org/resources/files/SBTi-Criteria_SPANISH.pdf

Science Based Targets initiative. (2024). *Guía de establecimiento de objetivos basados en la ciencia para el sector de la construcción*. Recuperado de <https://sciencebasedtargets.org/sectors/buildings>

Sizirici, B.; Fseha, Y.; Cho, C.S.; Yildiz, I.; Byon, Y.J. *A Review of Carbon Footprint Reduction in Construction Industry, from Design to Operation*. Materials 2021, 14, 6094

Soust-Verdaguer, B., Palumbo, E., Llatas, C., Acevedo, Á., Galvéz, M., Hoxha, E., & Passer, A. (2023). *The Use of Environmental Product Declarations of Construction Products as a Data Source to Conduct a Building Life-Cycle Assessment in Spain*. Sustainability. <https://doi.org/10.3390/su15021284>.

Sprilur, (2016). *Guía para el desarrollo sostenible de los proyectos de urbanización*

Stockholm Resilience Centre (n.d.). *Planetary boundaries*. <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries/the-nine-planetary-boundaries.html>

Tagliapietra, S., Trasi, C., & Veugelers, R. (2023). *Europe's Green Industrial Policy*. ICE, Revista de Economía. <https://doi.org/10.32796/ice.2023.932.7657>

Tetik, M., Peltokorpi, A., Seppänen, O., Holmström, J. (2019) “*Direct digital construction: Technology-based operations management practice for continuous improvement of construction industry performance*”. Automation in Construction, Vol. 107, November 2019.

Thiel, G., & Stark, A. (2021). *To decarbonize industry, we must decarbonize heat*. *Joule*, 5, 531-550. <https://doi.org/10.1016/J.JOULE.2020.12.007>.

Trunzo, G., Moretti, L., & D'Andrea, A. (2019). *Life Cycle Analysis of Road Construction and Use. Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/SU11020377>.

United Kingdom Green Building Council. (2023). *Embodied carbon: Improving your modelling and reporting*. <https://ukgbc.org/wp-content/uploads/2023/11/UKGBC-Embodied-carbon-Improving-your-modelling-and-reporting.pdf>

United Nations Environment Programme, & Yale Center for Ecosystems + Architecture (2023). *Building Materials and the Climate: Constructing a New Future*. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/43293>.

United Nations Environment Programme (2024). *Global Status Report for Buildings and Construction: Beyond foundations: Mainstreaming sustainable solutions to cut emissions from the buildings sector*. Nairobi. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/45095>

Uribe Granados, MJ. (2022). *Aplicación del análisis del ciclo de vida a diferentes procesos de la construcción*. Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/181658>

Úrsula von der Leyen (2020) *Discurso Úrsula von der Leyen sobre el Estado de la Unión*. <https://ec.europa.eu/commission/presscorner/home/en>

Vallejos, C., Rodríguez, J., Reyes, L., Villacorta, O., Roque, R., Vergara, E., & Ramírez, A. (2023). *Decarbonization Technology in Road Infrastructure Projects*. *International Journal of Membrane Science and Technology*. <https://doi.org/10.15379/ijmst.v10i3.1634>.

World Economic Forum. (2023). *Circularity in the built environment*. Retrieved from https://www3.weforum.org/docs/WEF_Circularity_in_the_Built_Environment_2023.pdf

World Economic Forum. (2023). *Digital twin cities: Unlocking value for the built environment*. Retrieved from https://www3.weforum.org/docs/WEF_Digital_Twin_Cities_2023.pdf

World Green Building Council. (2022). *Climate change resilience in the built environment guide*. WGBC. <https://worldgbc.org/article/climate-change-resilience-in-the-built-environment-guide/>

World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development. (2004). *Protocolo de gases de efecto inver-*

nadero: *Un enfoque empresarial para la contabilidad y reporte*. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf

Wu, W., & Zhou, H. (2014). *BIM for Sustainable Construction: A Strategic Framework for Handling Challenges of the International Green Construction Code*. , 43-52. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35548-6_5.

Xu, J. (2022). *Carbon Emission of Construction Materials and Reduction Strategy: Take Prefabricated Construction in China as an example*. *Highlights in Science, Engineering and Technology*. <https://doi.org/10.54097/hset.v28i.4869>.

Zanki, V. (2022). *Overcoming barriers for decarbonisation of multi residential buildings with Energy service company (ESCO) model - Is the REPowerEU plan game changer for ESCO model?*. 2022 7th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech), 1-6. <https://doi.org/10.23919/SpliTech55088.2022.9854384>.

Zhang, P., You, J., Jia, G., Chen, J., & Yu, A. (2018). *Estimation of carbon efficiency decomposition in materials and potential material savings for China's construction industry*. *Resources Policy*. <https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2018.06.012>.





*Paseo Uribitarte 3, 3ª planta
(Edificio BBF)
48001 Bilbao (España)
Telf.: 944 810 304*

BUILD:INN
BASQUE CONSTRUCTION CLUSTER

**Gipuzkoako
Foru Aldundia**
Ekonomia Sustapenerako eta
Proiektu Estrategikoetako
Departamentua



Diputación Foral
de Gipuzkoa
Departamento de Promoción
Económica y Proyectos
Estratégicos

En colaboración con:

n a i d e r

www.buildinn.eu

