



Manual para formadores:

La economía circular aplicada al sector de la construcción





No. 2020-1-ES01-KA202-083246

Programa Erasmus+ de la Unión Europea, convocatoria 2020.

Acción Clave 2 de Cooperación para la innovación e intercambio de buenas prácticas, dentro de Asociaciones estratégicas para la enseñanza y la formación profesional.



Cofinanciado por el programa Erasmus+ de la Unión Europea



El apoyo de la Comisión Europea para la elaboración de esta publicación no implica la aceptación de sus contenidos, que es responsabilidad exclusiva de los autores. Por tanto, la Comisión no es responsable del uso que pueda hacerse de la información aquí difundida.

ÍNDICE

OBJETIVOS	5
INTRODUCCIÓN	5
UNIDAD 1. ECONOMÍA CIRCULAR	7
Introducción	7
Economía circular: principios básicos.	9
Ley de las 9R	12
Diagrama mariposa	13
UNIDAD 2. ECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN	15
Introducción	15
Impactos ambientales asociados al sector de la construcción	17
Herramientas para medir y monitorizar la circularidad en el sector de la construcción.	20
Análisis del ciclo de vida	20
Declaraciones Ambientales de Producto (DAP)	23
Level(s)	24
Pasaporte de materiales	25
Certificación “Cradle to Cradle”	26
UNIDAD 3 ESTRATEGIAS PARA LOGRAR LA CIRCULARIDAD EN EL ENTORNO CONSTRUIDO	27
Introducción	27
Diseñar para la deconstrucción y la adaptabilidad	29
Lograr la circularidad del entorno ya construido	33
Deconstrucción	35
Nuevos modelos de negocio	38
Cadena de suministro circular: recuperación y reciclaje	38
Extensión de la vida útil del producto	39
Recuperación de los residuos	39
Productos como servicios	40
Plataforma compartida	40
UNIDAD 4. POLÍTICA EUROPEA DE ECONOMÍA CIRCULAR	41
Pacto verde europeo	41
Nueva ola de renovación	43
BIBLIOGRAFÍA	45

Objetivos

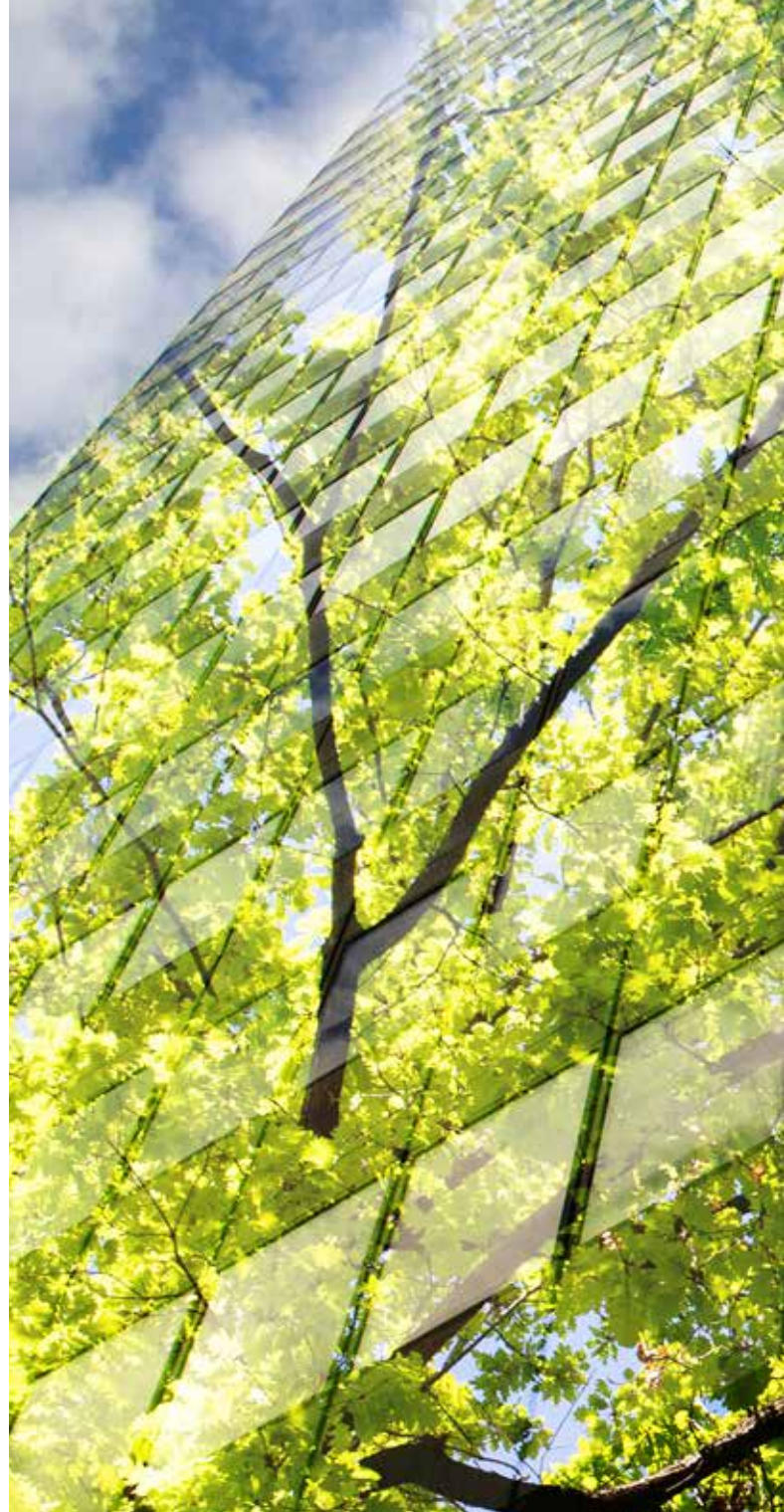
- Entender qué es economía circular y sus principios básicos.
- Identificar las escalas del entorno construido, las fases del ciclo de vida de los edificios y los impactos que se generan en cada fase.
- Conocer las herramientas para medir y facilitar la economía circular en el sector de la construcción.
- Identificar las estrategias para lograr la circularidad en el sector de la edificación en todas sus fases.
- Conocer los nuevos modelos de negocio que pueden generarse con la aplicación de la economía circular en el sector de la construcción.
- Conocer las políticas europeas de economía circular aplicable al entorno construido.

Introducción

La participación en este curso te permitirá obtener una idea global sobre la economía circular y cómo puede aplicarse al sector de la construcción.

En la unidad 1 se aborda el concepto de economía circular y sus principios básicos, como alternativa a la actual economía lineal. Asimismo, se expone la ley de las 9R y el diagrama mariposa, donde se explican los distintos ciclos técnicos y biológicos de los productos.

En la unidad 2 se describen los impactos ambientales de la edificación en cada etapa de su ciclo de vida, los distintos niveles en los que debe abordarse la economía circular y las herramientas disponibles para medir y monitorizar la circularidad de la edificación.

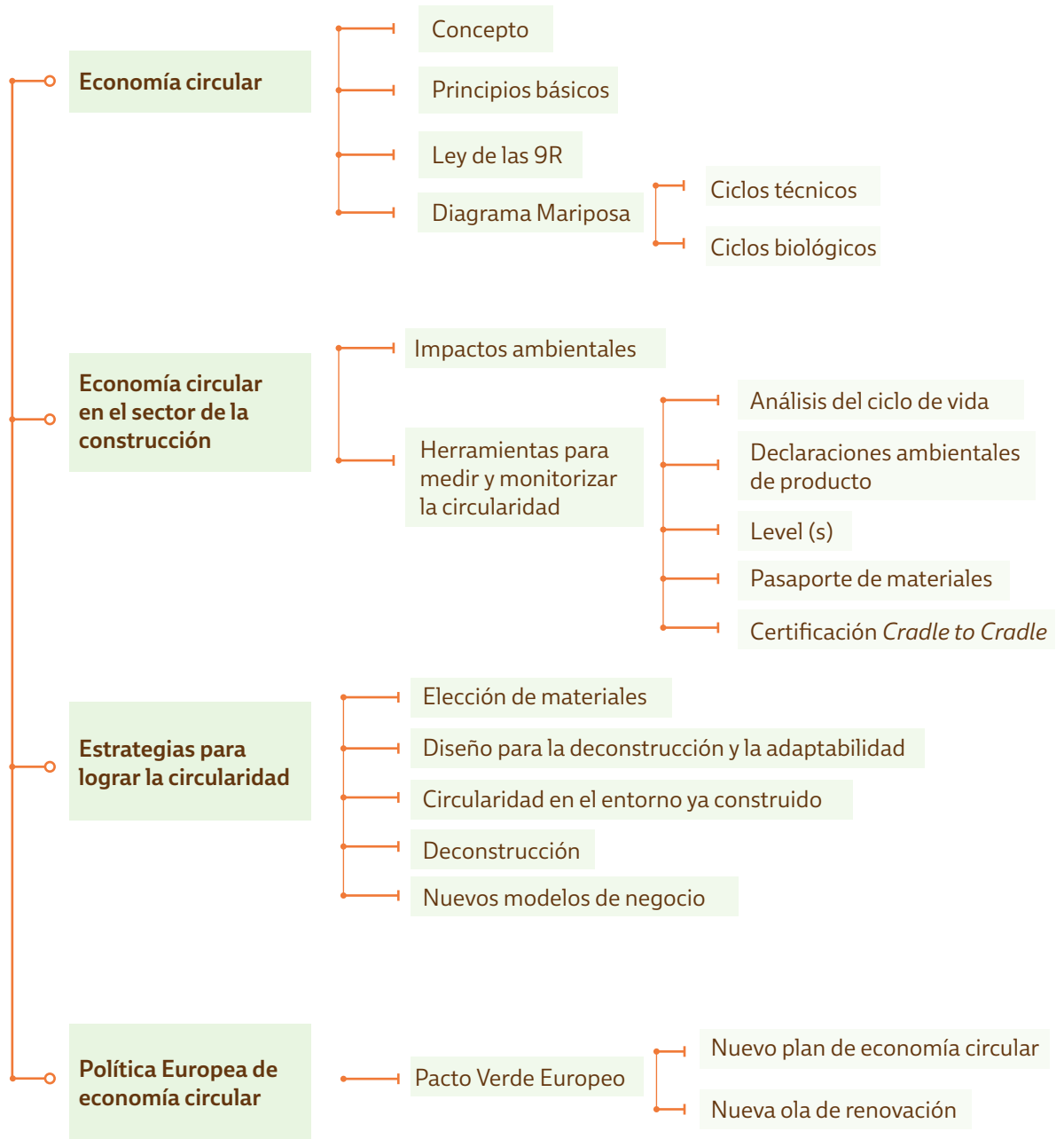


En la unidad 3 se plantean las estrategias para lograr edificios circulares en tres escenarios: el diseño de los nuevos edificios, la rehabilitación del parque inmobiliario ya construido y las técnicas de deconstrucción cuando el edificio llega a su fin de vida. Asimismo, en esta unidad se muestran los nuevos modelos de negocio que se generan en el sector de la construcción con implementación de la economía circular.

Finalmente, en la unidad 4 se explica cuál es la política actual europea sobre economía circular en el sector de la construcción.

Mapa conceptual

Manual para formadores. La economía circular en el sector de la construcción



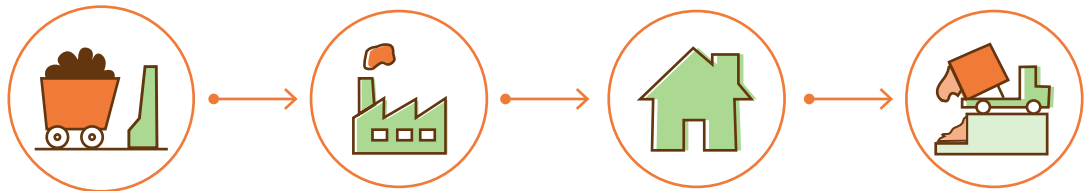


Unidad 1. Economía circular

Introducción

El cambio climático, la pérdida de la biodiversidad y el agotamiento de los recursos naturales han provocado una crisis global sin precedentes, dando lugar a lo que algunos científicos consideran como una nueva era geológica: el Antropoceno.

Esta situación ha sido provocada, en gran parte, por el modelo actual de **producción y consumo**, denominado “**economía lineal**”. Este sistema económico, implantado desde la primera revolución industrial, se basa en el patrón de “producir, usar y tirar”, bajo el supuesto de que los recursos naturales¹ son inagotables. Sin embargo, el modelo lineal está llegando al límite de su capacidad y ha dado como resultado importantes impactos ambientales negativos² que comprometen la habitabilidad en la tierra para las generaciones futuras.

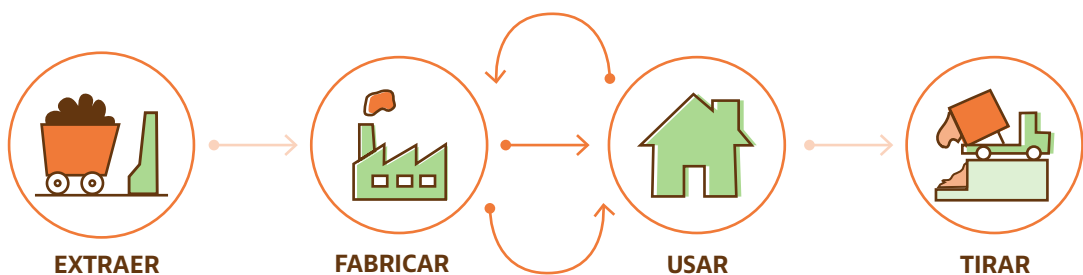


Esquema de economía lineal. Fuente: GBCE. Economía circular en la edificación.2021

Como alternativa al “modelo lineal”, surge un nuevo modelo de producción y consumo, denominado “**economía circular**”, cuyo objetivo es lograr sistemas de producción y consumo más eficientes y resilientes, menos contaminantes, que minimicen el uso de recursos naturales y preserven los que se utilicen dentro de ciclos continuos, manteniendo o mejorando su valor.

La economía circular debe aplicarse a todos los sectores productivos y requiere un nuevo enfoque en: el diseño de los productos y servicios; los modelos de gestión y de mercado; la forma de convertir los residuos en recursos; las regulaciones nacionales, y el compromiso de los ciudadanos para modificar sus hábitos de consumo. Todo ello implica un cambio de paradigma.

Lograr la descarbonización en 2050 es uno de los principales objetivos del Pacto Verde Europeo adoptado a finales del 2019. La implantación de la economía circular será clave para lograr una Europa descarbonizada.



Esquema de economía circular. Fuente: GBCE. Economía circular en la edificación.2021

¹ Los **recursos naturales** son elementos de la naturaleza el hombre explota y procesa para obtener su desarrollo y bienestar. Los recursos pueden ser renovables, o no renovables. Los **recursos no renovables** son limitados y no pueden ser reemplazados, regenerados o llevados a su estado original en un tiempo menor o igual a la que el hombre tarda en consumirlos, por ejemplo: los minerales y los combustibles fósiles. Los **recursos renovables**, considerados ilimitados, son aquellos que pueden ser reemplazados, regenerados o llevados de nuevo a su estado original. Por ejemplo, la radiación solar, el viento, las mareas, el agua, las especies vegetales y animales. El material renovable más utilizado en construcción es **la madera** y sus derivados, siempre y cuando provenga de bosques **gestionados de forma sostenible**.

² Los impactos ambientales son modificaciones del medio ambiente debido a actividades humanas. Los impactos pueden ser negativos, indiferentes o positivos. Son negativos cuando perjudican al medio ambiente.



Economía circular: principios básicos

El concepto de economía circular (EC), así como sus posibles aplicaciones prácticas en la economía y la industria, tomó impulso a partir de la década de los setenta del siglo XX. Este concepto integra distintas escuelas de pensamiento como son: la teoría de los *"Límites del Crecimiento"* del Club de Roma, la teoría del *"Diseño Regenerativo"* de John T. Lyle, la teoría *"La Economía del Rendimiento"* de Walter Stahel, el concepto *"Cradle to Cradle"* de Braungart y McDonough, *"la Ecología Industrial"* y *"Biomimesis"*, de Janine Benyus, *"la Economía Azul"* y *"Capitalismo natural"*.

Según la "Ellen MacArthur Foundation", organización dedicada a impulsar la transición hacia la economía circular, ésta se resume en tres principios de actuación, aplicables al sector de la edificación:

➤ **"Evitar la generación de residuos y contaminación desde el diseño"**. Para lograrlo, es preciso reducir la cantidad de materias primas, agua y energía necesaria para satisfacer las necesidades requeridas en cada momento, y priorizar el uso de energía y materias primas renovables y secundarias⁴.

➤ **"Mantener productos y materiales en uso el máximo tiempo posible"**. Para conseguirlo, es necesaria una gestión eficaz de los recursos que se utilizan. El objetivo es mantener los recursos materiales en uso el máximo tiempo posible y recircularlos en la cadena de valor el mayor número de veces mediante la reutilización⁵ y el reciclaje⁶. La valorización energética⁷ siempre debe ser la última opción y el vertedero no se contempla en el marco teórico de la EC.

3 La huella ecológica se define como la medida del impacto de las actividades humanas sobre la naturaleza, representada por la superficie necesaria para producir los recursos y absorber los impactos de dicha actividad". Fuente: WWFF.

4 Las materias primas secundarias son aquellas que se obtienen con el reciclaje de materiales.


5 La **reutilización** es: "cualquier operación mediante la cual productos o componentes de productos que no sean residuos se utilizan de nuevo con la misma finalidad para la que fueron concebidos". Fuente: Directiva Marco de los Residuos 2008/98/CE

6 El **reciclaje** se define como: "toda operación mediante la cual los materiales de residuos son transformados de nuevo en productos, materiales o sustancias, tanto si es con la finalidad original como con cualquier otra finalidad. Incluye la transformación del material orgánico, pero no la valorización energética ni la transformación en materiales que se vayan a usar como combustibles o para operaciones de relleno". Fuente: Directiva Marco de los Residuos 2008/98/CE.

7 La **valorización energética** es la transformación de los residuos que no pueden ser reutilizados o reciclados en energía, la conversión puede ser en electricidad, vapor o agua caliente para uso doméstico o industrial.

Saber más

Actualmente la demanda anual de recursos de la Tierra por causa de las actividades antropogénicas (humanas) supera su capacidad de regeneración. En 2019, la humanidad consumió una cantidad de recursos naturales equivalente a 1,6 Planetas. ▶

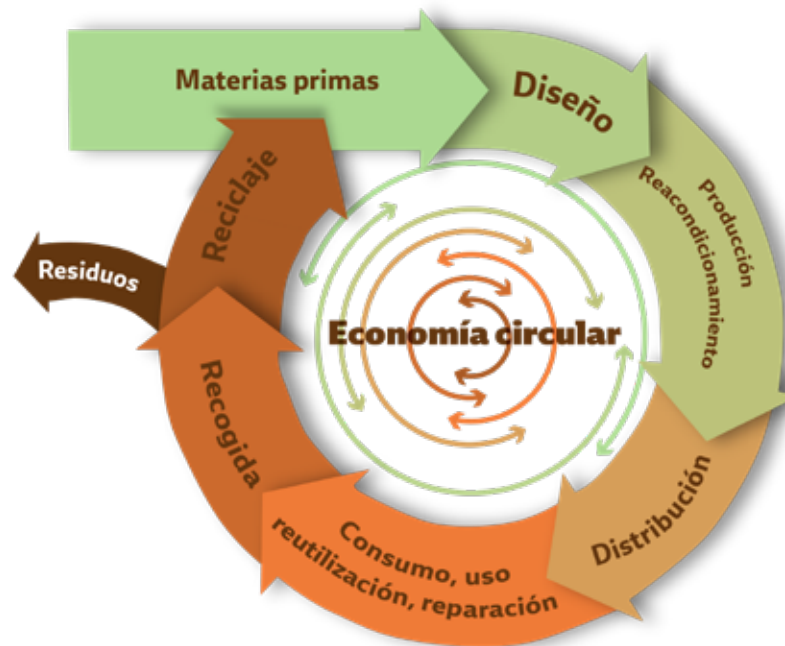
En la siguiente [página web](#) puedes consultar datos de la huella ecológica³ en tu país por persona. 

➤ **“Regenerar el capital natural”⁸**. Este principio es imprescindible para garantizar el abastecimiento de los bienes y servicios naturales de los cuales depende la supervivencia y bienestar humano.

La economía circular es regenerativa, y se inspira en los ciclos naturales, donde todo lo que nace y crece vuelve al punto de origen, la tierra, y vuelve a nacer formando un equilibrio dinámico constante. En la naturaleza no existen “desperdicios”, todos los elementos cumplen una función, y son reutilizados y transformados para ser aprovechados en distintas etapas.



La EC está directamente relacionada con el desarrollo sostenible⁹ dado que redefine el modelo de crecimiento, buscando beneficios ambientales, sociales y económicos. No sólo proporciona beneficios ambientales, también impulsa la competitividad y la generación de empleo, con la creación de nuevas oportunidades de negocio y la innovación en productos y servicios. Implementar la digitalización y las nuevas tecnologías es clave para lograr la circularidad.



Esquema de economía circular. Fuente: Comisión Europea. COM (2014) 398 final


8 **El capital natural** son las reservas de recursos naturales del planeta donde se incluye geología, suelo, aire, agua, así como todos los seres vivos. Del capital natural derivan los servicios ecosistémicos, que hacen posible la vida humana. Entre los servicios ecosistémicos se encuentra los alimentos, el agua potable, la regulación climática, la polinización de los insectos, etc. Ejemplo: Un bosque produce nuevos árboles para madera, y además servicios ecosistémicos, como el secuestro de carbono, el control de la erosión y proporciona hábitat de la fauna.

9 Según el Informe Brundtland, **desarrollo sostenible** significa “Satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer la posibilidad de que las futuras puedan satisfacer las suyas”. El objetivo es garantizar el equilibrio entre el crecimiento económico, el cuidado del medioambiente y el bienestar social. La **sostenibilidad** se refiere a la aptitud de vivir acorde con capacidad productiva de la tierra preservando sus recursos naturales, es decir, vivir sin déficit ecológico. La sostenibilidad es la meta del desarrollo sostenible.


Algunos principios de la economía circular ya fueron utilizados por nuestras sociedades en momentos de su historia. En la era preindustrial, las prácticas de reutilización y reciclaje eran comunes, más por falta de recursos como materias primas, mano de obra, maquinaria, combustible, logística e infraestructura, etc., que por conciencia medioambiental. Por ejemplo: las materias primas utilizadas en la construcción, como sillares de piedra, se reutilizaron de unas civilizaciones a otras. Las cimentaciones romanas sirvieron de base a los templos visigodos, después a las mezquitas y posteriormente a los templos románicos.

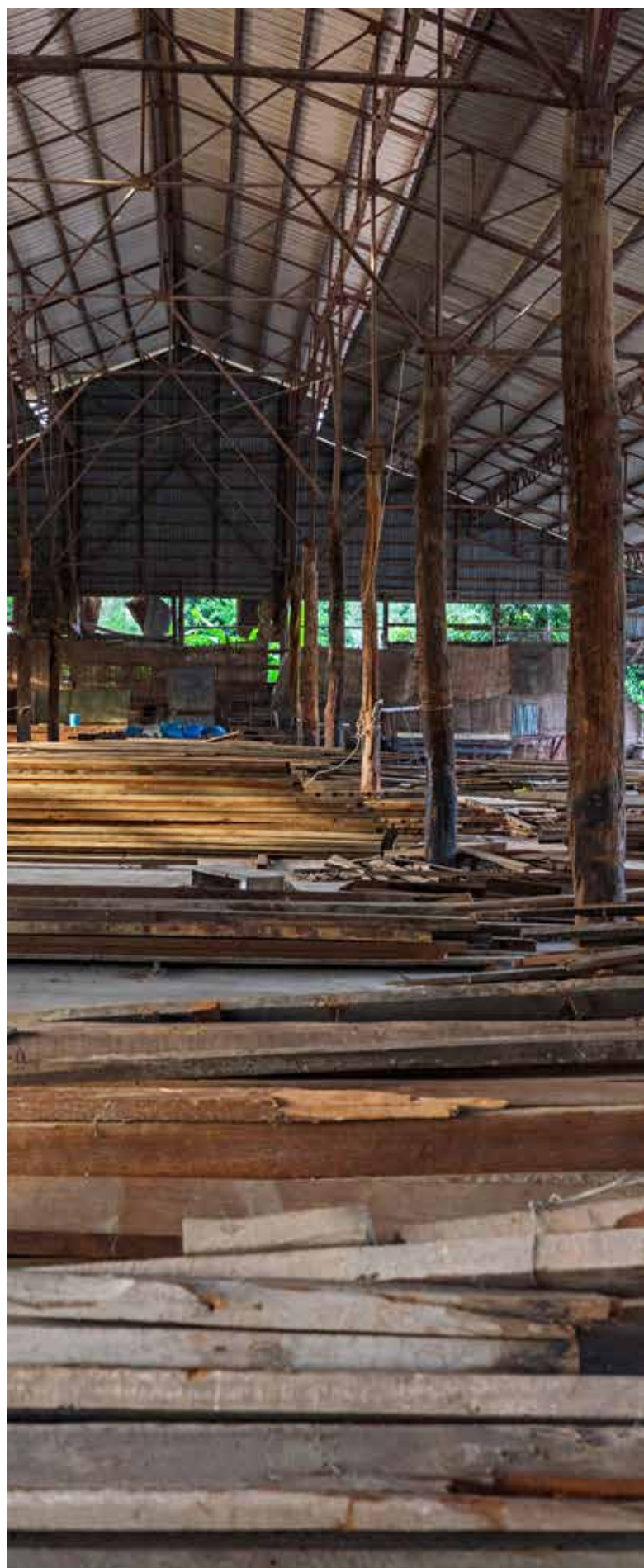


Saber más

➤ Puedes encontrar más información sobre las teorías en las que se basa la economía circular en la siguiente **página web**: 

➤ En esta **página web** encontraras 8 vídeos que explican la economía circular. 

➤ En este **link** encontrarás la película "closing the loop", con comentarios de expertos mundiales, así como casos innovadores de economía circular. 

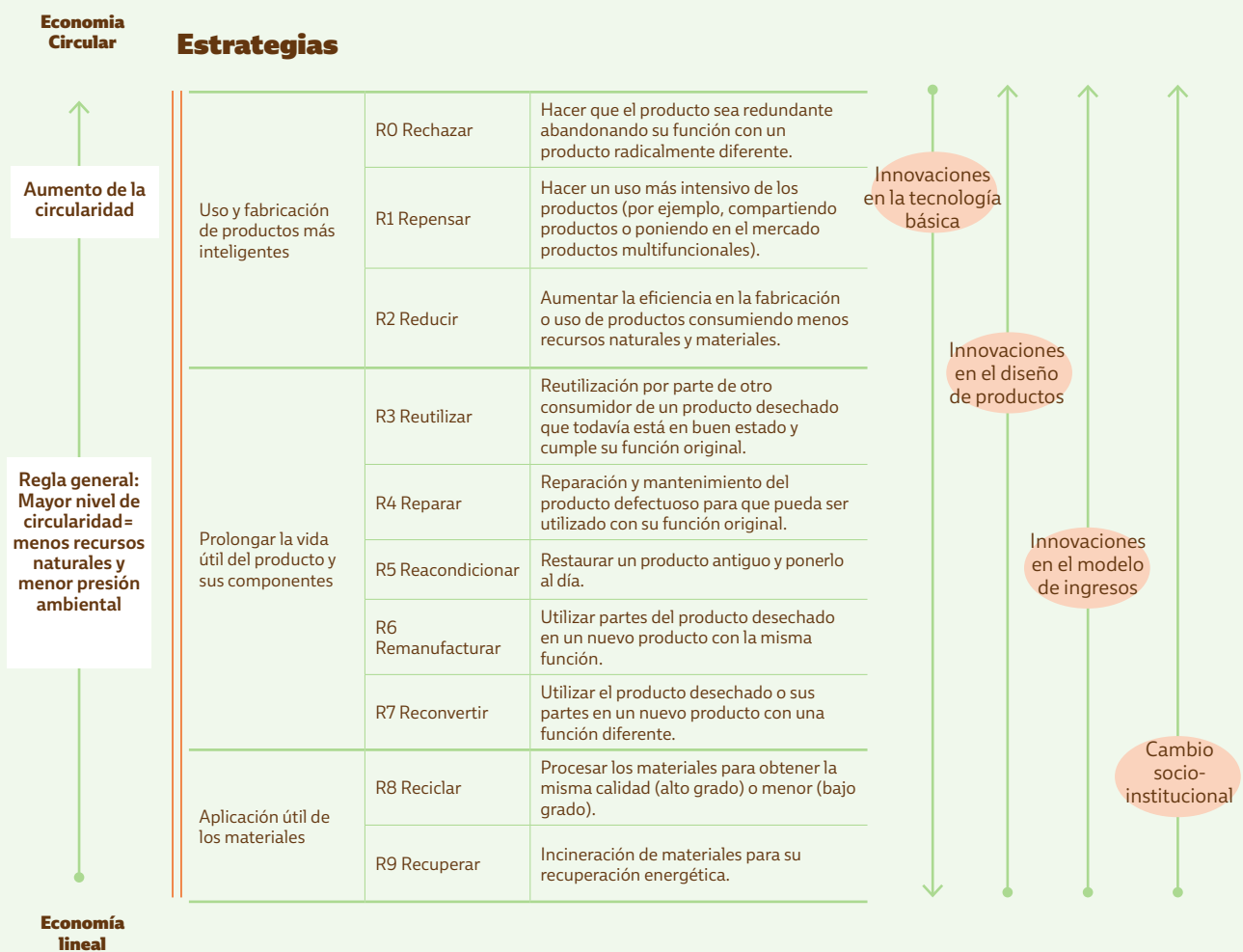


Saber más

Ley de las 9R

La lista R incluye tres estrategias clave para aumentar la circularidad y la innovación en el diseño de productos. Cada estrategia lleva asociadas 3 acciones. Las estrategias y acciones por orden de prioridad son:

Estrategias de circularidad en la cadena de producción, por orden de prioridad.

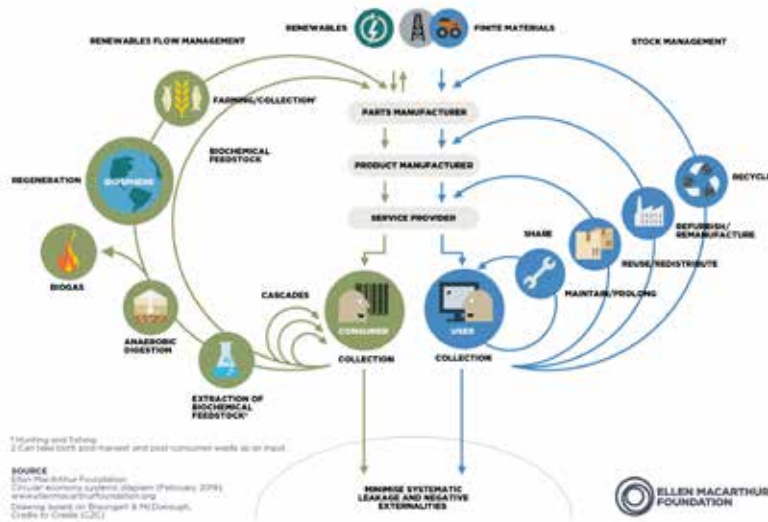


El marco 9R Fuente: Trazado et al. 2017, et RLI (2015)

Diagrama mariposa

En la economía circular se tiene en cuenta todo el ciclo de vida de un material o producto, desde la extracción de recursos naturales hasta el tratamiento de los residuos cuando llega su final de vida útil.

La Fundación Ellen McArthur, publicó el siguiente “diagrama de mariposa”. Este esquema conceptual se basa en las teorías “*cradle to cradle*” formuladas por McDonough y Braugart.



Los flujos de materiales se organizan en dos conjuntos de ciclos que interactúan: el técnico y el biológico. Los ciclos son concéntricos y cada ciclo que sucede al anterior implica mayor consumo de recursos materiales y energéticos

Ciclos biológicos

En los **ciclos biológicos**, los materiales biodegradables, como por ejemplo la madera y el algodón, después de haber pasado por varios ciclos de uso, se pueden reintegrar en la naturaleza de forma segura, como nutrientes, gracias a los procesos naturales como el compostaje o la digestión anaerobia.

La reutilización de los productos puede ser diversificada o en **cascada**. Por ejemplo, la lana, se utiliza para fabricar ropa, en un siguiente uso se reutiliza como material de segunda mano, finalmente se puede utilizar para la fabricación de aislante térmico. En un último paso, la lana, que es un material biodegradable, se devuelve a la biosfera de forma segura.

Ciclos técnicos

En los **ciclos técnicos**, los materiales y componentes que no son biodegradables, como metales, plásticos y productos químicos sintéticos, se mantienen continuamente en la cadena de valor. Para ello deben estar diseñados para ser fácilmente reparados y que al final de su vida útil sus componentes puedan ser extraídos y reutilizados o remanufacturados o reciclados en otros productos. Estos ciclos cerrados evitan la generación de residuos que van al vertedero.

El primer ciclo se refiere a **compartir, intercambiar o alquilar bienes o servicios**, en lugar de poseerlos, con el fin de intensificar y optimizar el uso de un producto. Un ejemplo de ello es el consumo colaborativo de: maquinaria, un vehículo, un espacio de trabajo, etc. También incluye **reparar y mantener** un producto prolongando su vida útil, como por ejemplo un aparato de aire acondicionado, donde se mantiene la mayor parte de su valor si se repara o actualiza. En los productos que requieren energía para su funcionamiento, por ejemplo: una caldera, debe tenerse en cuenta la mejora del rendimiento energético a lo largo del tiempo.

Cuando no es posible el mantenimiento de un producto, en el **segundo ciclo** el proveedor del servicio o producto lleva a cabo la **reutilización y redistribución** de los componentes del producto. Por ejemplo, las piezas de un vehículo que ha llegado al fin de su vida útil se pueden utilizar para reparar otro que esté en uso, o para otro uso.


En el tercer ciclo, la remanufactura y reutilización, el productor del producto fabrica un nuevo producto utilizando partes de un producto dañado que tenía la misma función. En el caso de los edificios, comprende su **rehabilitación o renovación**.

El **cuarto ciclo es el reciclaje**. En este ciclo se separan los materiales básicos de un producto que ha llegado al final de su vida útil y se utilizan para fabricar otro producto mediante un procesado industrial.

Un aspecto importante que beneficia la circularidad es que los productos y sus partes se compongan de materiales puros, no contaminados y fáciles de separar. Esta condición favorece su recogida y reintegración en la cadena de valor, aumentando su durabilidad.

Muy a menudo los materiales reciclados no pueden volver a utilizarse para el mismo tipo de producto o para un producto con mayores requisitos de calidad (**up-cycling**) pero sí para otro producto con menores requisitos de calidad (**down cycling**). Las sustancias contaminantes y la mezcla de materiales reducen la calidad de los materiales que se recuperan.

La inserción de los materiales que componen un producto que ha llegado al fin de su vida útil en un nuevo ciclo puede requerir grandes cantidades de energía.

 **Saber más**

Ellen Macarthur Foundation
website 

Conferencia de Arthur
Huang 





Unidad 2. Economía circular en el sector de la construcción

Introducción

El sector de la construcción proporciona infraestructuras, espacios urbanos y edificaciones de los que dependen el resto de los sectores, por lo tanto, es un sector clave para el desarrollo económico y social europeo, que genera 18 millones de empleos directos.



La sostenibilidad aplicada a la construcción se basa en: innovar para lograr calidad y eficacia a un coste asumible; utilizar productos no perjudiciales para el medio ambiente, utilizar el agua y la energía de forma eficiente a lo largo de todo el ciclo de vida del edificio; minimizar el consumo de recursos naturales no renovables, y potenciar el uso de recursos renovables; reducir los residuos al máximo y gestionar de manera eficiente los que se generen.

En el sector de la construcción, como en el resto de los sectores, pasar de un modelo lineal, de ciclos abiertos, a un modelo circular, de ciclos cerrados, requiere un **cambio sistémico completo**. En el nuevo modelo todos los agentes implicados deben compartir estrategias para lograr la circularidad, teniendo en cuenta todas las etapas el ciclo de vida de los edificios e infraestructuras.

El modelo circular es un modelo sostenible que puede proporcionar importantes beneficios para el medio ambiente, así como nuevas oportunidades laborales y de negocio en el sector.

A largo plazo, todo ello repercute en la mejora del medioambiente, la salud y bienestar de los usuarios, el incremento de la productividad, y el ahorro de costes.

Integrar los principios de la economía circular en el sector de la construcción implica abordar distintos niveles, estos son: material, componente, producto, sistema, edificio, ciudad y territorio.



En los niveles de ciudad y territorio deben de tenerse en cuenta las peculiaridades geológicas, biológicas y climáticas del territorio. El objetivo final es que la gestión del agua, la energía, los residuos y el resto de los recursos necesarios para la vida sean sostenibles. Algunos ejemplos para lograr la circularidad en estos niveles son: reconectar y potenciar los ecosistemas naturales con infraestructuras verdes urbanas¹⁰ y renaturalizar la ciudad integrando “soluciones basadas en la naturaleza¹¹”, que son soluciones que se inspiran en los procesos naturales, como por ejemplo los “corredores verdes urbanos¹²”, replantear el modelo de movilidad y la forma de vida de los ciudadanos, etc.

Un edificio está compuesto por un conjunto de sistemas (estructura, cubierta, fachada, particiones, instalaciones, escalera), a su vez, los sistemas están formados por productos (puertas, ventanas) y componentes (jácenas, vigas) y éstos por materiales (madera, cerámica, etc.).



10 La Infraestructura Verde es una “red estratégicamente planificada de espacios naturales y seminaturales y otros elementos ambientales diseñada y gestionada para ofrecer una amplia gama de servicios ecosistémicos. Incluye espacios verdes (o azules si se trata de ecosistemas acuáticos) y otros elementos físicos en áreas terrestres (naturales, rurales y urbanas) y marinas. Fuente: Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones. En los espacios terrestres, la infraestructura verde está presente en los entornos rurales y urbanos” Infraestructura verde: mejora del capital natural de Europa.

11 Las soluciones basadas en la naturaleza son “soluciones inspiradas y respaldadas por la naturaleza, que son rentables, proporcionan simultáneamente beneficios ambientales, sociales y económicos, además de ayudar a crear resiliencia; dichas soluciones aportan más naturaleza así como características y procesos naturales, y con mayor diversidad, a las ciudades y paisajes terrestres y marinos, mediante intervenciones localmente adaptadas, eficientes en el uso de recursos y sistémicas”. Fuente: Comisión Europea.

12 “Los corredores verdes (greenways) son porciones de tierra que contienen elementos lineales que son planeados, diseñados y gestionados para múltiples propósitos incluyendo ecológicos, recreacionales, culturales, estéticos u otros propósitos compatibles con el concepto de uso de suelo sustentable”. Fuente: Arhen (1995)



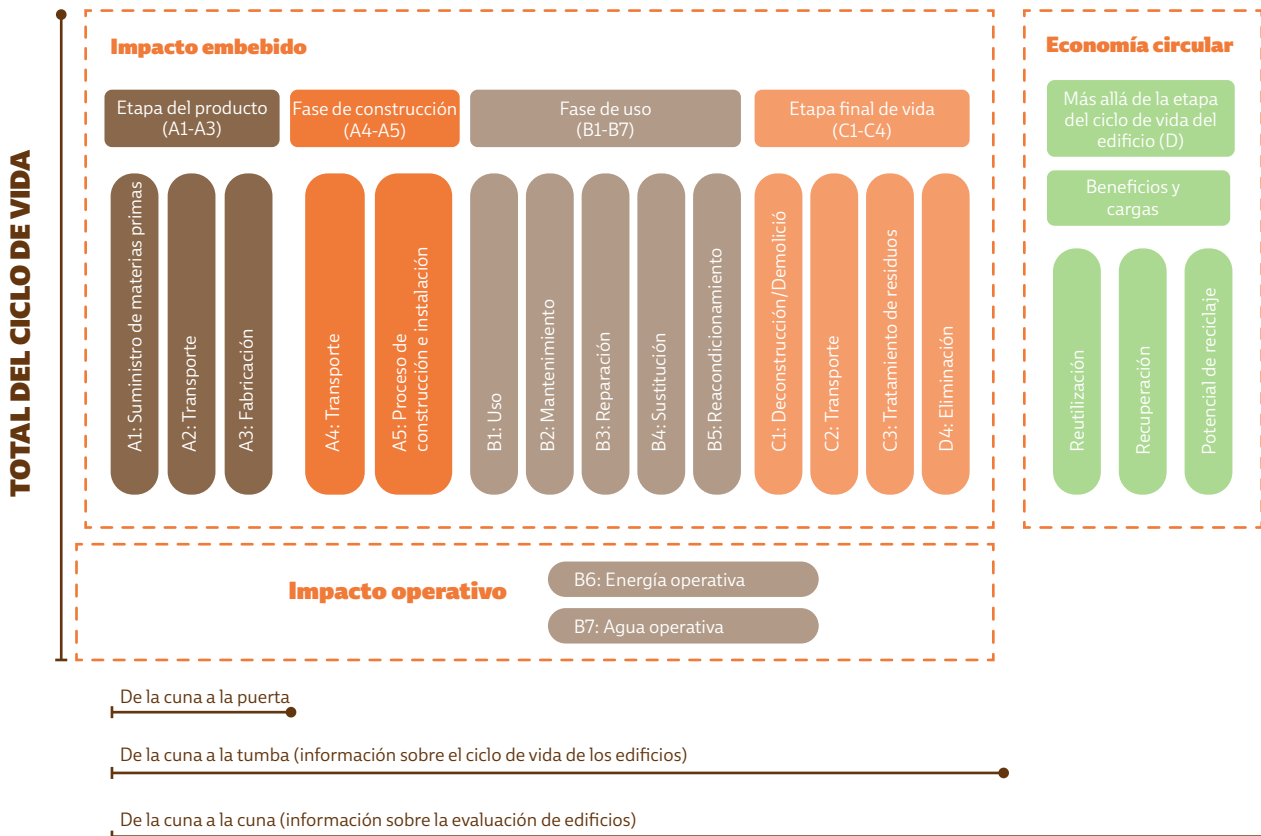
Corredor verde urbano, Madrid Río. Fuente: Ana Müller y Jeroen Musch, publicado en Burgos & Garrido Arquitectos. <https://burgos-garrido.com/>

En este curso no se abordarán los niveles de ciudad y territorio.

Impactos ambientales asociados al sector de la construcción

Durante su ciclo de vida, las construcciones modifican los territorios, consumen gran cantidad recursos naturales no renovables, emiten sustancias nocivas a la atmosfera y generan residuos sólidos de todo tipo.

La norma EN 15798:2011 (sostenibilidad de los trabajos de construcción) establece, de forma genérica, las etapas del ciclo de vida de una construcción y añade una nomenclatura a cada una de ellas. Las etapas se muestran en el gráfico adjunto:



Saber más

➤ Página web de la EU sobre Las formas y funciones de la infraestructura verde.



➤ Video que muestra los beneficios de la infraestructura verde urbana Landscape Institute, Reino Unido.



➤ Página web de la EU sobre Soluciones basadas en la naturaleza.





Extracción de minerales en una cantera. Fuente: Pixabay



Cement factory

Por ejemplo, la fabricación del cemento genera aproximadamente el 8 % de las emisiones mundiales de CO₂. El 60 % de estas emisiones se debe a las reacciones químicas durante el proceso.



Cada etapa tiene efectos distintos en el medio ambiente, que dependen de factores como: las características del entorno, los materiales y técnicas constructivas que se emplean, la energía y el agua que se consume, los residuos que se generan, etc.

En la etapa de producción, las materias primas se extraen, transportan y se procesan para convertirse en materiales de construcción. Esta etapa genera importantes impactos ambientales negativos. Muchos minerales y rocas se extraen a cielo abierto en canteras y graveras lo cual implica, en el área de actuación, la eliminación de vegetación, la pérdida de la capa de materia orgánica del suelo y su exposición a la erosión.

Por otro lado, los procesos físico- químicos a los que se somete la materia prima en su procesado generan emisiones contaminantes a la atmosfera y al suelo, y un porcentaje de material descartado que se convierte en residuo. Además, durante la extracción, transporte y procesado se emiten gases contaminantes a la atmosfera a causa de la energía empleada para estas acciones, que proviene de combustibles fósiles. La industria de producción de materiales de construcción es una de las que más energía consume a nivel mundial.

En la etapa de construcción el edificio toma forma y están involucrados muchos agentes (ayuntamiento, arquitectos, constructores etc..). Esta etapa comprende el transporte de los materiales a la obra y el proceso de construcción e instalación, y lleva implícito el impacto ambiental causado por la implantación del edificio en el territorio, el consumo

de gran cantidad de materiales, agua y energía, además de la producción de residuos de material descartado, embalajes etc.

La **etapa de uso y mantenimiento** del edificio es la más longeva. Incluye el mantenimiento, la reparación y la renovación. Lleva asociado el consumo de agua, energía operacional¹³, y la emisión de gases contaminantes como consecuencia del consumo de energía que proviene de combustibles fósiles. La construcción de edificios de alta eficiencia energética¹⁴ y la integración de sistemas de energías renovables locales, a nivel de edificio o de barrio, reduce significativamente el consumo de energía no renovable. Este es el caso de los edificios de consumo de energía casi nulo nZEB¹⁵.

En esta etapa, estrategias circulares como la reparación y la reforma alargan la vida útil del edificio.

La etapa de fin de vida en una economía lineal es el proceso de demolición, donde los materiales se convierten en residuos. La posibilidad de reinserción en la cadena de valor de los materiales al llegar al fin de su vida útil depende de: el tipo de materiales y sistemas constructivos elegidos en la fase de diseño, y la forma en la que se efectúa la demolición y la gestión de los residuos. En esta fase, el impacto ambiental, está relacionado con la quema de combustibles fósiles de la maquinaria y el transporte, así como con las emisiones relacionadas con la eliminación en vertederos.



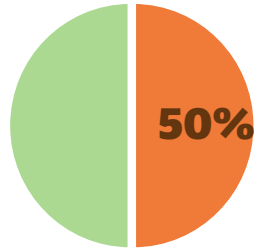
13 La energía operacional, conocida también como energía operativa o energía en uso, es la energía consumida durante la etapa de uso del edificio es decir la energía empleada para la calefacción, refrigeración, ventilación, iluminación, electrodomésticos y equipos de oficina (Harvey, 2006).

14 «Eficiencia energética del edificio»: cantidad de energía calculada o medida que se necesita para satisfacer la demanda de energía asociada a un uso normal del edificio, que incluirá, entre otras cosas, la energía consumida en la calefacción, la refrigeración, la ventilación, el calentamiento del agua y la iluminación; Fuente: DIRECTIVA 2010/31/UE

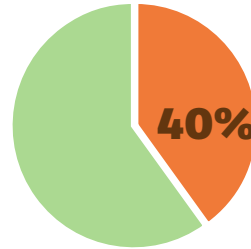
15 Edificio de consumo de energía casi nulo, (nZEB) "Edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto.... La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno." Fuente: DIRECTIVA 2010/31/UE.

En Europa, en los últimos años, los datos del impacto del sector de la construcción son los siguientes:

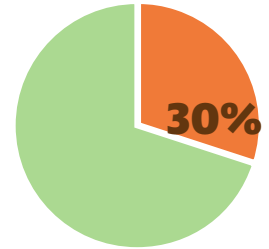
Materiales extraídos



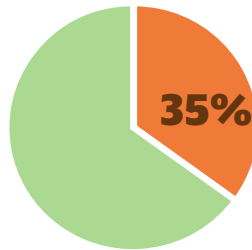
Energía



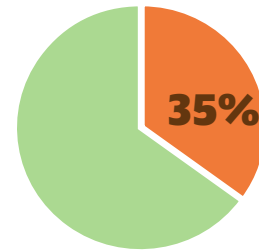
Agua



Residuos



GEI



Impactos del sector de la construcción en Europa. Fuente de los datos: Datos de Eurostat 2016. Green Building Council España. 2021. Informe de economía circular en la edificación en España.

Herramientas para medir y monitorizar la circularidad en el sector de la construcción.

“Lo que no se mide no se puede mejorar”. Por ello se han diseñado una serie de herramientas para medir y comparar de forma cuantitativa y verificable el comportamiento ambiental de los edificios y los materiales, y otras para monitorizar la economía circular en el sector de la construcción, estas son:

Análisis del ciclo de vida

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una metodología que analiza y evalúa de forma cuantitativa los impactos ambientales potenciales de cualquier tipo de producto, proceso o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida, o partes de él.

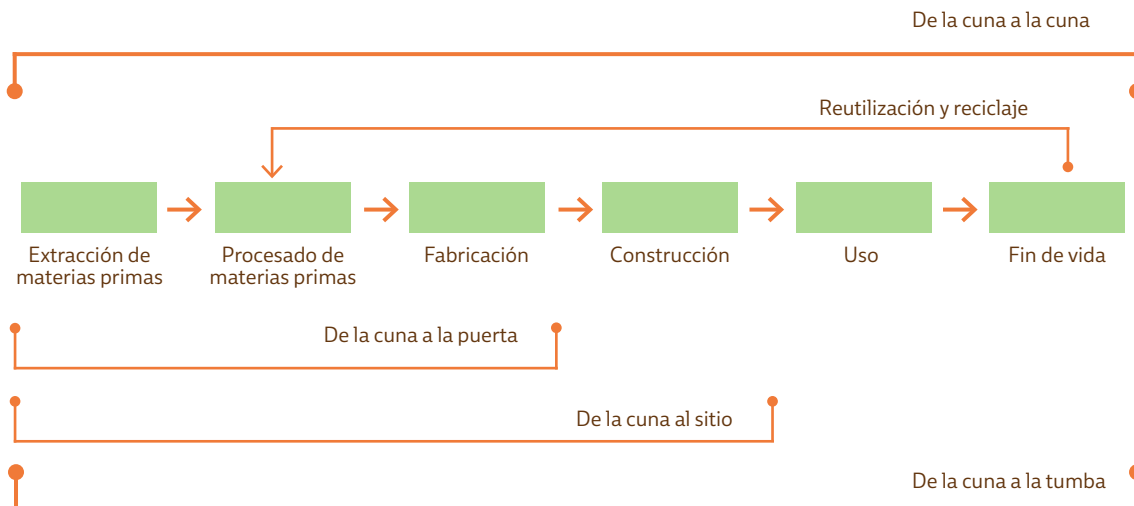
Los impactos ambientales de una edificación, sistema o producto constructivo se pueden medir en determinados tramos de su ciclo de vida, estos tramos son:

➤ **“De la cuna a la puerta”**. Es la “etapa de producto”, comprende la extracción y procesamiento de materias primas, transporte a fábrica y manufactura.

➤ **“De la cuna al sitio”**. Comprende la “etapa de producto” más la “etapa de construcción”

➤ **“De la cuna a la tumba”**. Abarca el ciclo de vida completo, incluye la demolición y valoración como residuo.

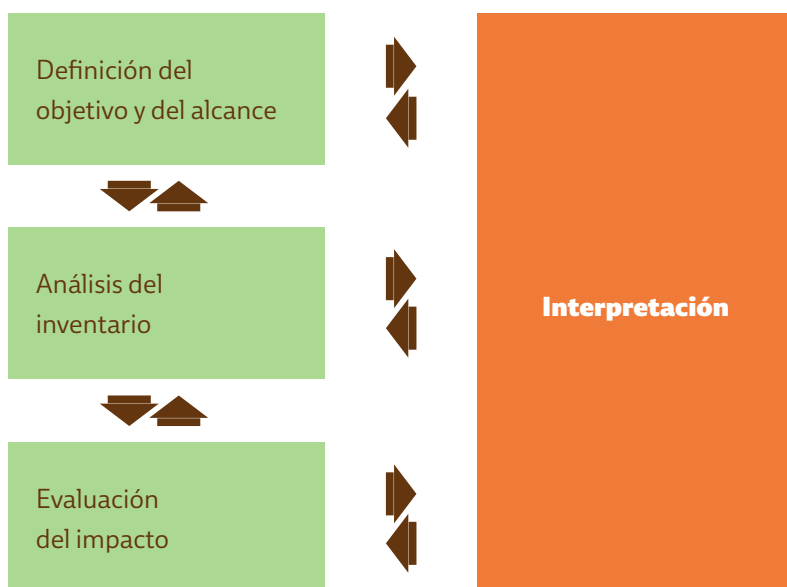
➤ **“De la cuna a la cuna”** es el ciclo de vida del completo teniendo en cuenta su re inserción en la cadena productiva si es reutilizado o reciclado.



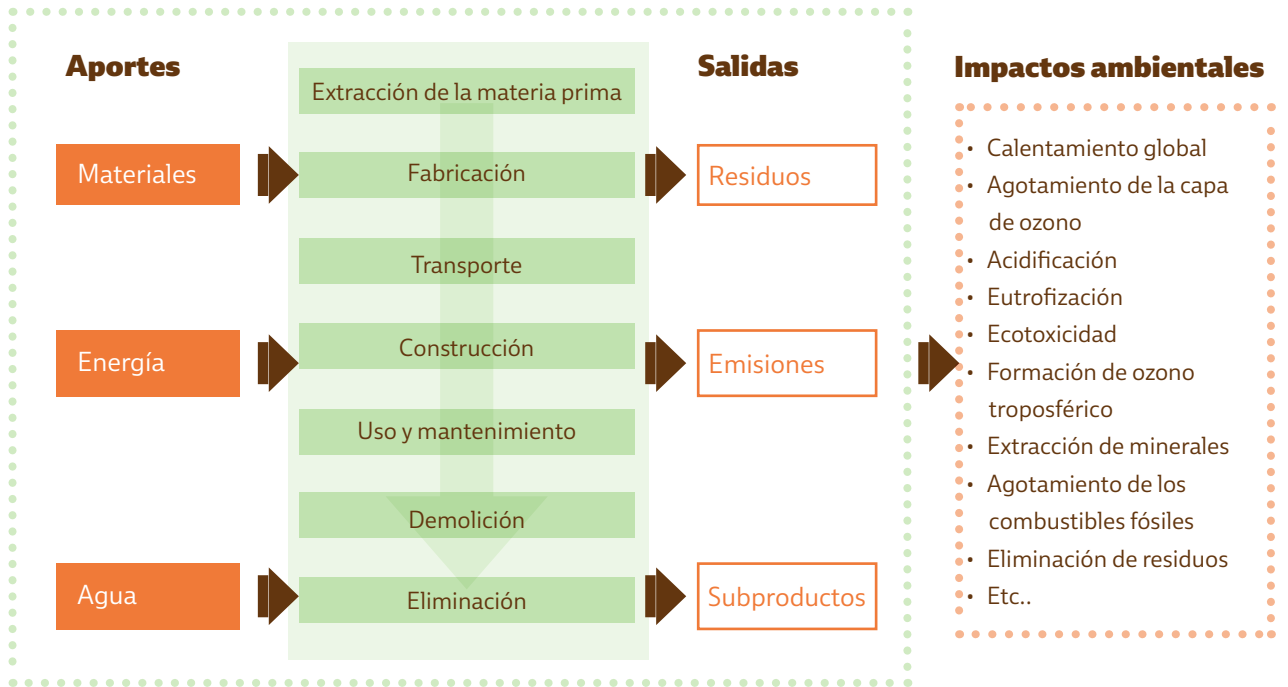
En el ámbito de la construcción, el ACV es aplicable a un material, un sistema constructivo, un edificio o una infraestructura.

Los documentos de referencia para la elaboración de un ACV son las normas internacionales ISO 14040:2016: 2006 (ACV: principios y marco de referencia para el ACV) e ISO 14044 :2006 (ACV: requisitos y directrices).

El ACV se divide en cuatro fases interconectadas: objetivos, análisis del inventario del ciclo de vida, evaluación del impacto del ciclo de vida e interpretación.



En la realización de un ACV, el primer paso es definir el objetivo o producto a estudiar, y el alcance. Posteriormente, se realiza el inventario de entradas y salidas del sistema, para cada etapa del ciclo de vida. En el inventario se identifican las cantidades de recursos materiales, energía y agua que se aportan (entradas) y los residuos y emisiones a la atmósfera y al agua que se generan (salidas). Finalmente se evalúan los impactos ambientales potenciales asociados a las entradas y salidas en cada etapa y se interpretan los resultados con relación al objetivo del estudio.



Saber más

Los indicadores de los impactos asociados a una ACV de una construcción según la **EN 15978** son:

INDICADORES DE LOS IMPACTOS ASOCIADOS AL ACV SEGÚN LA EN 15978:	Unidades
Potencial de calentamiento global, GWP	kg CO ₂ eq.
Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférica, ODP	kg CFC 11 eq.
Potencial de acidificación de tierra y agua, AP;	kg SO ₂ - eq.
Potencial de eutrofización, EP;	kg (PO ₄) ³⁻ - eq.
Potencial de formación de oxidantes fotoquímicos del ozono troposférico, POCP;	kg etileno eq.
Agotamiento de recursos abióticos, ADP _e	kg Sb eq.
Potencial agotamiento de recursos de combustibles fósiles, ADP _f	MJ
INDICADORES DE CATEGORÍAS DE RESIDUOS ASOCIADOS AL ACV	Unidades
Residuos peligrosos vertidos	Kg
Residuos no peligrosos vertidos	Kg

INDICADORES USOS DE RECURSOS ASOCIADOS AL ACV	Unidades
Uso de energía primaria no renovable, sin incluir los recursos de energía utilizados como materia prima	MJ, valor cal. neto
Uso de recursos energía primaria renovable empleados como materia prima	MJ, valor cal. neto
Uso de energía primaria no renovable, sin incluir los recursos de energía empleados como materia prima	MJ, valor cal. neto
Uso de recursos energía primaria no renovable empleados como materia prima	MJ, valor cal. neto
Uso de materiales secundarios	MJ
Uso de combustibles secundarios renovables	MJ
Uso de combustibles secundarios no renovables	MJ
Uso neto de agua corriente	M3
INDICADORES DE FLUJOS QUE ABANDONAN EL SISTEMA	Unidades
Componentes para la reutilización	Kg
Materiales para el reciclaje	Kg
Materiales para la valorización energética	Kg
Energía exportada	MJ para proveedor

Declaraciones Ambientales de Producto (DAP)

Las Declaraciones Ambientales de Producto (DAP) son documentos estandarizados que contienen información cuantitativa y objetiva de los indicadores de impacto ambiental de un producto en base a su ACV. Las DAP son etiquetas ambientales tipo III que están reguladas por la ISO 14025 y pueden ser verificadas por una tercera parte independiente.

El ACV para las DAP se realiza siguiendo unas Reglas de Categoría de producto (RCP) que aseguran unos criterios coherentes para familias de productos con la misma función.

La información de las DAP permite comparar el comportamiento ambiental de materiales, productos y servicios, como el mantenimiento. Su objetivo es incentivar la demanda productos y servicios que ocasionen menor impacto en el medio ambiente.

La demanda de DAPs en el mercado es cada vez mayor. Por ejemplo, las DAP se tienen en cuenta en los criterios que deben tener los materiales y productos de construcción en los principales esquemas de certificación de edificios como BREEAM¹⁶, LEED¹⁷, VERDE¹⁸ etc. y comienzan a ser citadas en la legislación Contratación Pública Verde en Europa.



GlobalEPD
A VERIFIED ENVIRONMENTAL DECLARATION

¹⁶ **BREEAM** (Building Research Establishment Environmental Assessment Method). Es un sistema de certificación reconocido a nivel internacional que evalúa el grado de sostenibilidad ambiental tanto de construcciones nuevas como de existentes. Fue creado por BRE (Building Research Establishment) en el Reino Unido durante los años 80, <https://www.breeam.com>.

¹⁷ **LEED** (Leadership in Energy and Environmental Design) Es un sistema de certificación de edificios sostenibles reconocido a nivel internacional. Fue creado en Estados Unidos y desarrollado por US Green Building Council (Consejo de la construcción verde de Estados Unidos). LEED evalúa cinco aspectos de la edificación: emplazamiento sostenible, ahorro de agua, eficiencia energética y energías renovables, conservación de materiales y recursos naturales, y calidad del ambiente interior, con una categoría adicional, innovación en el diseño. A través de la puntuación conseguida en estas áreas se pueden obtener distintos niveles de certificación que son: Certificado, Plata, Oro y Platino. <https://www.usgbc.org/leed>.

¹⁸ **VERDE** (Valoración de Eficiencia de Referencia de Edificios) es un sistema de certificación reconocido a nivel europeo creado por la asociación Green Building Council España (GBCE). Su objetivo es cuantificar el impacto ambiental, social y económico de los edificios. El sistema de evaluación está basado en el Código Técnico de la Edificación y las Directivas Europeas. Existen varias metodologías en función del uso del edificio que se evalúe. Se incluye la rehabilitación. Hay 6 niveles de certificación, que van de 0 a 5. <https://gbce.es/certificacion-verde/>



Saber más

Puedes consultar cómo es una DAP en la biblioteca de DAPS de la siguiente [página web](#).

Los principales Administradores de Programa Europeos han creado la Asociación ECO Platform, para los EPD en el sector de construcción con el objetivo de establecer una red internacional abierta de datos digitales de LCA para edificios e infraestructuras.



Cuando un material o producto, por ejemplo, una ventana, cuenta con una DAP, significa que se pueden comparar los datos de los impactos ambientales que produce con los de otros productos similares, es decir, otras ventanas.

Level(s)

Level(s) es una herramienta desarrollada por la Comisión Europea que proporciona un marco común de indicadores básicos que permiten medir el "rendimiento de sostenibilidad" de un edificio a lo largo de su ciclo de vida. Su objetivo crear una «terminología común europea» para el sector de la construcción que facilite la elaboración de datos, y ayude a integrar los edificios en la economía circular. Puede utilizarse en proyectos de edificios o como base para otras iniciativas, políticas etc.

Level(s) establece seis macroobjetivos que abordan aspectos clave de sostenibilidad en todas las etapas del ciclo de vida del edificio. Estos macroobjetivos coinciden con objetivos estratégicos de la política de la UE en áreas como: la emisión de gases efecto invernadero, la durabilidad y circularidad de los materiales de construcción, el uso eficiente del agua, la salubridad de los espacios y resiliencia al cambio climático y el coste y valor del ciclo de vida optimizados. Cada macroobjetivo lleva asociados unos indicadores básicos que suman un total de 16.

El segundo macroobjetivo se refiere específicamente a la circularidad de los materiales.

Áreas temáticas	Macroobjetivos	Indicadores			
Comportamiento medioambiental durante el ciclo de vida	1. Emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo del ciclo de vida de un edificio	1.1. Rendimiento energético de la etapa de uso (kWh/m ² /año)	1.2. Ciclo de vida Potencial de calentamiento global (CO ₂ eq./m ² /año)		
	2. Ciclos de vida de los materiales eficientes en cuanto a recursos y circulares	2.1. Lista de materiales y vida útil	2.2 Residuos de construcción y demolición	2.3 Diseño para la adaptabilidad y la renovación	2.4 Diseño para la deconstrucción reutilización y reciclaje
	3. Uso eficiente de los recursos hídricos	3.1 Consumo de agua en la etapa de uso (m ³ /ocupante/año)			
Salud y bienestar	4. Espacios saludables y confortables	4.1 Calidad del aire interior	4.2 Tiempo fuera del rango de confort térmico	4.3 Iluminación y confort visual	4.4 Acústica y protección contra el ruido
Coste, valor y riesgo	5. Adaptación y resiliencia al cambio climático	5.1 Protección de la salud térmica y el confort del ocupante	5.2 Aumento del riesgo de fenómenos meteorológicos extremos	5.3 Drenaje sostenible	
	6. Coste y valor del ciclo de vida optimizados	6.1 Costes del ciclo de vida (€/m ² /año)	6.2 Creación de valor y factores de riesgo		

Cuadro con las áreas temáticas macroobjetivos e indicadores de Levels Fuente: Comisión Europea. Level(s): Putting circularity into practice.2021.

Level(s), de momento, es una herramienta de información, no un sistema de certificación o clasificación con puntos de referencia específicos como ocurre con las certificaciones BREAM, LEED, VERDE, etc.

Pasaporte de materiales

El pasaporte de materiales (PM) es una base de datos informática, desarrollada por el proyecto europeo *"Building as Material Banks"* (BAMB) cuyo objetivo es potenciar el diseño de construcciones circulares.

El PM es un conjunto de datos digitales de los materiales de construcción, que puede descomponerse en distintos niveles: materiales, componentes, productos, sistemas y edificios.

En el PM se detalla la siguiente información sobre los materiales y componentes de un edificio: función, composición (donde se incluye si está libre de productos contaminantes), calidad, usos anteriores, guía de mantenimiento, guía para su deconstrucción, y opciones de reutilización y reciclaje. Además, puede llevar incluida información de las *"Fichas Técnicas de Producto"*, *"Fichas técnicas de seguridad de los materiales"*, DAP etc.

El PM, vinculado al modelo BIM¹⁹, ubica los materiales en el edificio. Esta información, se convierte en un duplicado digital del edificio donde se identifican materiales, permite su trazabilidad, y facilita su futuro mantenimiento y reutilización en el mismo inmueble o en otros potenciando el mercado de segunda mano. **El edificio se concibe como un banco de materiales y componentes ensamblados que puede incorporarse en futuras edificaciones.**



Saber más






Puedes encontrar más información en el siguiente

link: 

Edificio Liander, uno de los primeros con edificio Pasaporte Material. Fuente: Edificio Liander, Duiven - Rau Architects fotografía: RAU Architects

¹⁹ **BIM (Building Information Modeling)** es una metodología de trabajo colaborativo que centraliza toda la información de una edificación en un modelo digital e integra todas las partes involucradas en el proceso de la edificación. El uso de BIM abarca todas las fases del ciclo de vida del edificio Su objetivo es facilitar los procesos de diseño, construcción, operación, mantenimiento y deconstrucción, y proporcionar una base confiable para la toma de decisiones. BIM integra distintas funcionalidades que se suelen trabajar específicamente con otros programas, como la geometría, la relación espacial, la información geográfica, las propiedades de los materiales y elementos de construcción, el cálculo estructural, instalaciones, iluminación, confort higrotérmico, etc. <https://www.youtube.com/watch?v=SzhYGwKsnnA>

Saber más

- Se puede consultar un tutorial de la plataforma de pasaportes de materiales BAMB a través del siguiente link 
- Los siguientes links presentan la idea de concebir los edificios como bancos de materiales:  
- La Fundación Madaster apoya el desarrollo de conceptos y soluciones que permiten el registro, la documentación, el almacenamiento y el intercambio de datos sobre materiales, componentes y productos utilizados en el entorno construido. 
- Algunas organizaciones están desarrollando software y conceptos similares al material Passport, entre ellas  



Certificación "Cradle to Cradle"

El estándar de certificación "Cradle to Cradle", es un sistema de certificación que evalúa la circularidad de los materiales y productos.

La evaluación de los productos se realiza analizando su desempeño ambiental y social en cinco categorías: salud de los materiales (grado de toxicidad), reutilización de materiales, energía renovable y gestión del carbono (huella de carbono), gestión eficiente del agua y equidad social. A cada categoría se le asigna un nivel de logro, que puede ser: Básico, Bronce, Plata, Oro o Platino. El estándar requiere la renovación de la certificación cada dos años.

Saber más

Puedes encontrar más información en la página web: 





Unidad 3 Estrategias para lograr la circularidad en el entorno construido

Introducción

El primer principio de la EC propone “reducir residuos y contaminación desde el diseño”. El “**diseño para la deconstrucción y la adaptabilidad**” de los edificios es clave para lograr edificios circulares. Significa diseñar edificios flexibles y adaptables y elegir materiales y sistemas constructivos adecuados, teniendo en cuenta cómo se producen, acondicionan, ensamblan, modifican y manipulan al final de los ciclos de uso.

Un aspecto esencial para reducir la contaminación es lograr edificios de **alta eficiencia energética**. El objetivo no es sólo conseguir la descarbonización del parque urbanizado con edificios NZEB, sino que los edificios sean “**prosumidores**”, es decir, productores y exportadores de energía renovable. Para ello es básico incorporar: sistemas de refrigeración y calefacción pasivos; sistemas de generación de energías renovables; y la digitalización inteligente de los sistemas energéticos que ofrezca datos en tiempo real sobre cómo, cuándo y dónde se consume la energía.

Las **tecnologías de gestión digital** ofrecen la posibilidad de mejorar las prestaciones de los edificios si se aplican a sus elementos y sistemas. Con el uso de los datos obtenidos por sensores instalados en el interior de los edificios se puede mejorar el confort interior y la eficiencia energética. Por ejemplo, se pueden crear perfiles personalizados de demanda energética y llevar a cabo acciones para ahorrar energía según sea la temperatura exterior, su ocupación, etc. Asimismo, se puede modificar la iluminación artificial adecuándola a las necesidades de cada momento en función de la luz exterior y a las condiciones de ocupación del edificio,

Otra cuestión prioritaria es realizar una gestión eficiente del agua integrando sistemas para reutilización de aguas grises y pluviales para riego de jardines, descargas de inodoros etc.

Las estrategias para lograr edificios circulares deben aplicarse tanto a edificios de nueva construcción como a los edificios existentes en sus procesos de renovación.

Elección de materiales con bajo impacto ambiental lo largo de su ciclo de vida

En la EC, los materiales de construcción deben cumplir, en la medida de lo posible, las siguientes características:

- **No emitir sustancias ni gases tóxicos** en ninguna de sus etapas de ciclo de vida. Los materiales deben mantener ambientes sanos durante su tiempo de uso.
- **No generar residuos excesivos o peligrosos** durante su producción o al final de su vida útil.
- **No requerir labores de mantenimiento costosas**, ni ser potenciales focos de insectos, plagas y mohos.
- Ser de calidad, **durables**, con ciclos de vida largos.
- Tener **potencial de reutilización** y reciclaje para que puedan mantenerse en los muchos ciclos de vida dentro de la cadena de valor.
- Integrar **materia reciclado** en su composición, siempre que sea posible y cuando ello no demande una gran cantidad de energía en su procesamiento.
- Ser **naturales**, preferentemente obtenidos a partir de recursos renovables. Los materiales orgánicos como la madera, el corcho o el bambú deben provenir

de **cultivos sostenibles certificados**²⁰ con mínimos procesos de transformación y adaptación.

- Ser de origen local, que se extraigan y produzcan cerca del lugar de construcción. Con ello se reduce el consumo de energía y emisiones asociados al transporte y se apoya el desarrollo económico local.
- Ayudar a **minimizar demanda energética del edificio**, es decir, materiales con buenas características aislantes térmicas y acústicas.
- **Mejorar las condiciones ambientales** del exterior, por ejemplo, utilizar cubiertas y muros verdes

Diseñar para la deconstrucción y la adaptabilidad

El "Diseño para la Deconstrucción (DfD) es un concepto inspirado en el diseño industrial. Se fundamenta en diseñar productos duraderos, fácilmente desmontables, donde sus componentes individuales se pueden añadir y extraer sin dañar al resto, como en un mecano. El DfD es aplicable a todo tipo de productos, con independencia de su escala y complejidad, desde elementos electrónicos, mobiliario o edificios e infraestructuras y tiene en cuenta todo su ciclo de vida.



El "diseño para la adaptabilidad" significa que el edificio sea **versátil, convertible y ampliable para poder** adaptarse a las necesidades presentes y futuras del mercado, alargando así su vida útil. Se trata de diseños que permitan usos alternativos con cambios mínimos, transformaciones de distribución y de usos y en los que la rehabilitación y reforma no implique generar muchos residuos.

A la hora de elegir materiales, la "Declaración Ambiental de Producto (DAP)" es una herramienta útil, ya que refleja el impacto ambiental de un material a lo largo de su ciclo de vida y puede compararse con las DAP de otros productos con la misma función. La "certificación de la cuna a la cuna" y/o el "pasaporte de materiales" (PM) también proporcionan información sobre el rendimiento medioambiental y evalúan la circularidad de los materiales de construcción.

20 Los cultivos sostenibles certificados son aquellos que disponen de la certificación PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification) o el sello FSC (Forest Stewardship Council). Estas certificaciones acreditan, en toda la cadena de custodia, que los materiales proceden de bosques gestionados de forma sostenible. "La Cadena de Custodia (CdC) de los productos forestales se define como el seguimiento de los productos forestales (madera, papel, corcho, cortezas, resinas...) durante las distintas fases del proceso productivo y su posterior comercialización, para poder asegurar la trazabilidad de los productos forestales desde el consumidor final hasta el bosque, o en el caso del material reciclado, hasta el punto donde el material es recuperado. Fuente: AENOR



Fuente: Casa Alamos / ESTUDIO GALERA. Image © Federico Cairoli

Diseñar para prolongar la vida útil de un edificio y sus componentes implica considerar los siguientes principios:

➤ **Entender el edificio como un conjunto de sistemas con funciones distintas organizados en capas.** Cada capa de un edificio tiene un tiempo de vida útil determinado y el edificio debe ser diseñado y construido para que las capas sean independientes. Las más duraderas, como la estructura y la envolvente, no deben verse afectadas por la renovación y actualización de las capas menos duraderas como las instalaciones o las particiones.

Por ejemplo, los revestimientos interiores, particiones, instalaciones y ventanas se reemplazan con más frecuencia que elementos como la estructura y los cerramientos exteriores. El diseño puede prever la sustitución de estos elementos sin causar daño a las partes más permanentes del edificio. Un ejemplo de ello es diseñar las instalaciones del edificio (electricidad, fontanería, saneamiento) registrables, en la medida de lo posible, facilita su mantenimiento, actualización, reparación y sustitución. Otro ejemplo es utilizar revestimientos y particiones de materiales paneles atornillados y/o machihembrados que permite su desmontaje y sustitución rápida, sin residuos y sin dañar otras partes del edificio.



Centro de operaciones europeo de Airbnb en Dublín / Heneghan Peng Architects. Fuente: © Ed Reeve.www.plataformaarquitectura.cl



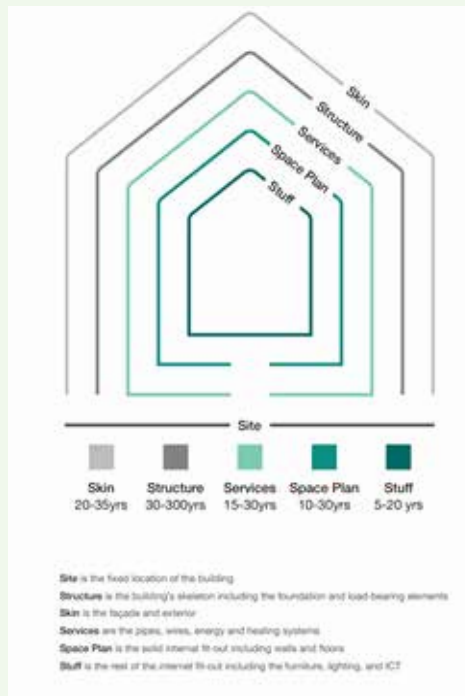
Saber más

En 1994, Stewart Brand publicó el libro "How Buildings Learn: What Happens After They're Built", en el desarrolló la teoría "Shearing Layers" planteada por Frank Dufy en los años 70

Brand compara el entorno construido con un organismo natural, dinámico y cambiante, en el que sus componentes son reemplazados de forma constante, como las células de un ser vivo.

Concibe los edificios como un sistema jerárquico de capas y componentes (terreno, estructura, envolvente, instalaciones, particiones y mobiliario), que a su vez forman parte de otros sistemas mayores.

"Un edificio adaptable tiene que permitir el deslizamiento entre los sistemas de ritmo diferente del emplazamiento, la estructura, la piel, los servicios, el plano del espacio y las cosas. De lo contrario, los sistemas lentos bloquean el flujo de los rápidos, y los rápidos destrozan a los lentos con sus constantes cambios"²¹.



Capas de un edificio según Stewart Brand. Fuente: Arup. Principles to Practices: Realising the value of circular economy in real estate | Basado

➤ **Concebir el edificio como un banco de materiales**, es decir, como la unión temporal de materiales que deben preservarse en buen estado para su siguiente uso.

➤ **Elegir materiales y sistemas constructivos durables** y tomar las medidas necesarias de protección para mantener su durabilidad.

➤ **Diseñar un edificio fácilmente desmontable**. La facilidad de desmontaje simplifica la reparación y la recuperación de los distintos materiales al final de su vida útil. En el ámbito de la construcción implica diseñar teniendo en cuenta la demolición selectiva²² o deconstrucción para maximizar el potencial de reutilización y reciclaje de sus componentes.

²¹ Stewart Brand. 1993. How Buildings Learn: What Happens After They're Built.

²² La demolición selectiva implica la secuenciación de las actividades de demolición de modo que sea posible separar y clasificar los materiales de construcción. Fuente: Protocolo de gestión de residuos de construcción y demolición en la UE. 2016

Materiales deconstruidos del "Pabellón del Pueblo", Eindhoven. Fuente: © Jeroen van der Wielen. Arup. De los principios a las prácticas: Haciendo realidad el valor de la economía circular en el sector inmobiliario



Ciertas técnicas constructivas facilitan la deconstrucción y la hacen más eficiente:

➤ Reducir la variedad de materiales y sistema constructivos utilizados, así como la cantidad de material empleado. La impresión 3D de materiales puede reducir la cantidad de material empleado imprimiendo elementos constructivos a medida.


➤ Utilizar sistemas modulares y prefabricados donde los elementos puedan montados, desmontados, y sustituidos fácilmente. Actualmente las nuevas tecnologías digitales posibilitan una mayor eficacia y calidad en la industrialización, sin que con ello disminuya la singularidad y capacidad de adaptación de la obra terminada a su lugar de ubicación.

➤ Utilizar conexiones entre materiales y sistemas constructivos simples, estandarizados, reversibles y accesibles. Priorizar las uniones mecánicas con tornillos, tuercas, accesorios, sujetadores. Cuando no sea posible conexiones mecánicas, utilizar adhesivos y selladores que permitan el desmontaje.

La capacidad de desmontaje de un sistema constructivo está relacionada con las posibilidades de reutilización y reciclaje de sus componentes.

La nueva norma ISO 20887:2020, "Sostenibilidad en edificios y obras de ingeniería civil, Diseño para desmontaje y adaptabilidad, Principios, requisitos y orientación", ofrece una descripción general de los principios del diseño para el desmontaje y la adaptabilidad (DfD/ A). dirigido a todos los agentes que intervienen en el sector de la construcción .

Propiedades circulares en las diferentes escalas y fases de los edificios

	Material	Producto	Elemento	Espacio	Instalaciones	Estructura	Piel	Edificio
								
Fase de diseño/ Rehabilitación	Reciclado Reciclable Duradero Renovable/ De base biológica Segura	Reutilizado Duradero Compatible Manejable Accesible Reemplazable Desmontable		Flexible	Accesible Mantenible Reemplazable	Duradera Accesible Modular Prefabricada Desmontable	Modular - Prefabricada Independiente - Desmontable Manejable	Expansible Modular Versátil
Fase de uso	Informar Reutilizar Reciclar Compartir			Adaptar	Inspeccionar, Mantener, Reparar, Mejorar, Renovar			
Fin de la vida útil	Separación, valorización de residuos y reciclaje							


Fuente: Adaptado de Leticia Ortega. Instituto Valenciano de la edificación

Lograr la circularidad del entorno ya construido

Cuando concluye la fase de construcción de un edificio o infraestructura, comienza su fase de uso y el propietario pasa a ser responsable de su estado de conservación. Esta fase lleva asociada la servitización o contratación de servicios (limpieza, reparaciones, suministro eléctrico y gas). Para facilitar las labores de reparación y renovación posteriores, es importante que el propietario tenga en su poder toda la documentación técnica sobre el edificio, donde consten los sistemas constructivos empleados, los planos de instalaciones con su trazado y ubicación reales y las instrucciones de uso y mantenimiento.

Saber más

Video sobre design for disassembly. 

WikiHouse es un Sistema de construcción de digital. Su objetivo es facilitar la autoconstrucción de viviendas de alto rendimiento energético que se adapten a distintas necesidades. 





Esta fase comprende varios ciclos:

➤ **El mantenimiento o reparaciones puntuales.** Incluye la limpieza, buen uso, pequeñas reparaciones, etc.

➤ **La rehabilitación.** Es una acción constructiva para mejorar las condiciones de una edificación y adaptarlas a las nuevas demandas. Puede ser:

- Rehabilitación parcial. Rehabilitación de áreas concretas, cambio de instalaciones, materiales, rehabilitación energética²³ etc
- Rehabilitación total. o integral, puede llevar aparejado un cambio de uso.

Según ADEME, la Agencia de transición ecológica de Francia, la cantidad de materiales necesarios para renovar un edificio de viviendas es entre 40 y 80 veces menor que para construirlo nuevo.

En Europa, entre el 85-95% de la edificación existente seguirá en uso en 2050. En la actualidad, el 85% del parque edificado fue construido antes del siglo XXI, y en su mayoría no cumple las condiciones de habitabilidad, salubridad, aislamiento acústico, accesibilidad y eficiencia energética²⁴ que se exige hoy. Por ejemplo, el 75% de los edificios de la UE son ineficientes energéticamente, utilizan tecnologías anticuadas y dependen de los combustibles fósiles.

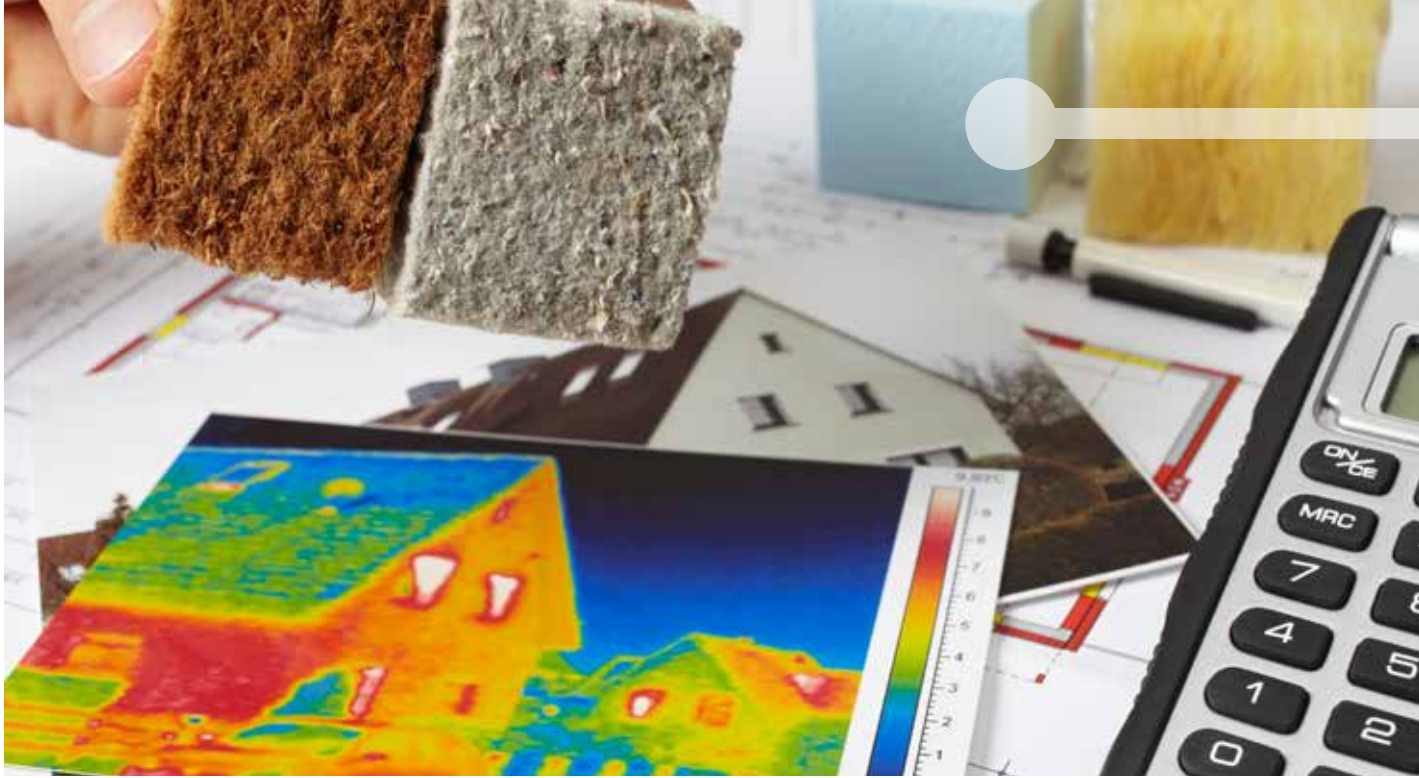
La rehabilitación energética de los edificios ineficientes podría rebajar en un 5-6% el consumo total de energía de la UE y aproximadamente un 5% las emisiones de CO². Sin embargo, anualmente tan solo se realizan un 0,2 % de renovaciones energéticas profundas, que son aquellas cuyo resultado es la reducción del consumo de energía del edificio en al menos un 60 %.

Las estrategias para conseguir renovaciones energéticas profundas son: la mejora del aislamiento de la envolvente térmica del edificio (fachadas, cubiertas, ventanas, contacto con el terreno), el aumento del rendimiento energético de los sistemas de refrigeración, calefacción y agua caliente sanitaria y la integración de energías renovables a nivel de edificio o de barrio.

Por lo tanto, desde un punto de vista de la EC, es mucho más rentable adaptar el entorno construido a las nuevas exigencias que demoler y construir de nuevo.

23 La rehabilitación energética de un edificio es la modificación de la envolvente (cubierta, fachada, ventanas, superficie en contacto con el terreno y espacios no habitables) y/o los sistemas técnicos (sistema de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria), con el objetivo de mejorar su eficiencia energética

24 "En Europa, los códigos de construcción con regulaciones específicas sobre el aislamiento térmico de la envolvente del edificio comenzaron a aparecer después de la década de los setenta del siglo pasado. Esto significa que un alto porcentaje del parque inmobiliario actual de la Unión se construyó sin ningún tipo de requisito de eficiencia energética: un tercio (35 %) del parque inmobiliario de la Unión tiene más de 50 años de antigüedad y más del 40 % se construyó antes de 1960. Casi el 75 % es energéticamente ineficiente, de acuerdo con las normas de construcción actuales". Fuente: informe del Centro Común de Investigación (JRC), Achieving the cost-effective energy transformation of Europe's buildings]



La Unión Europea se enfrenta al reto de adaptar el espacio edificado disponible a las nuevas exigencias, transformando los edificios y espacios urbanos en más resilientes, saludables y eficientes energéticamente. La rehabilitación del parque inmobiliario existente es clave para conseguir la circularidad en el sector y en ella se deben incorporar los principios del diseño para la deconstrucción y la adaptabilidad. La rehabilitación energética del parque edificado es uno de los objetivos para lograr una Europa descarbonizada en 2050.

Deconstrucción

En la etapa de fin de vida de una construcción o de parte de ella se produce el desmantelamiento y demolición de gran cantidad de materias primas. En una economía circular estas materias primas deben retornar a fases anteriores del proceso de construcción.

La **demolición selectiva** o deconstrucción²⁵ y la recogida separada de los residuos es esencial para el retorno de los materiales a la cadena de valor mediante su reutilización, reciclaje o valorización energética. Para obtener el máximo aprovechamiento de los materiales de una demolición, la extracción de estos debe ser coordinada y cuidadosa. La clasificación y gestión de los materiales una vez extraídos es una tarea complicada y requiere de protocolos y planes específicos para cada caso. Uno de los aspectos más importantes es conseguir que los residuos peligrosos no se mezclen con el resto de los residuos. Por ello, para orientar al sector en la gestión de los residuos la Unión europea, ha publicado los siguientes documentos:



Recuperación de solado hidráulico en una demolición. Fuente: Rotordc www.rotordc.com

25 La recogida separada de residuos: es recogida en la que un flujo de residuos se mantiene separado debido al tipo y la naturaleza de los residuos, de modo que se facilite un tratamiento específico. Fuente: Directiva 2008/98/CE sobre los residuos (Directiva marco de residuos), <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/ES/TXT/?uri=CELEX:32008L0098>

➤ “Directrices para las auditorías de residuos antes de las obras de demolición y renovación de edificios”²⁶.

➤ “Protocolo de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición de la UE”²⁷.



Separación de residuos en obra. Fuente: Ihobe sociedad pública de educación ambiental. Manual Ihobe para redacción e implantación de plan de gestión de residuos de construcción y demolición y buenas prácticas gremiales. 2012

Los residuos bien gestionados se convierten en una valiosa fuente de materias primas, mientras que con una mala gestión se pierde su potencial de recuperación y se convierten en una fuente de contaminación.



Por ejemplo, el 80% de los residuos de demolición son inertes y se producen a partir de materias primas procedentes de la industria extractiva (cementos, áridos, roca ornamental, cales, arenas silíceas, pizarras, arcillas, etc.). Para que estos materiales se conviertan materias primas secundarias tras el proceso de demolición o deconstrucción, debe asegurarse su separación evitando que se contaminen o se mezclen con otros residuos.



El actual Reglamento de productos de construcción (RPC) de la UE requiere que los productos de construcción lleven, por regla general, el marcado CE. Sin embargo, esto no suele ser posible en el caso de productos de construcción reutilizables. La Comisión Europea está en proceso de modificar RPC para facilitar el uso de materiales reutilizados y reciclados en un futuro .

En la siguiente infografía publicada por la Agencia Europea del Medioambiente se muestran ejemplos de acciones circulares que mejoran la gestión de residuos de construcción y demolición



Fuente: Circular economy in construction. Go green with Aarhus. Sustainability Committee, City of Aarhus

26 https://ec.europa.eu/growth/content/eu-construction-and-demolition-waste-protocol-0_en

27 https://ec.europa.eu/growth/content/eu-construction-and-demolition-waste-protocol-0_en

Productos de alta calidad con alto contenido reciclado

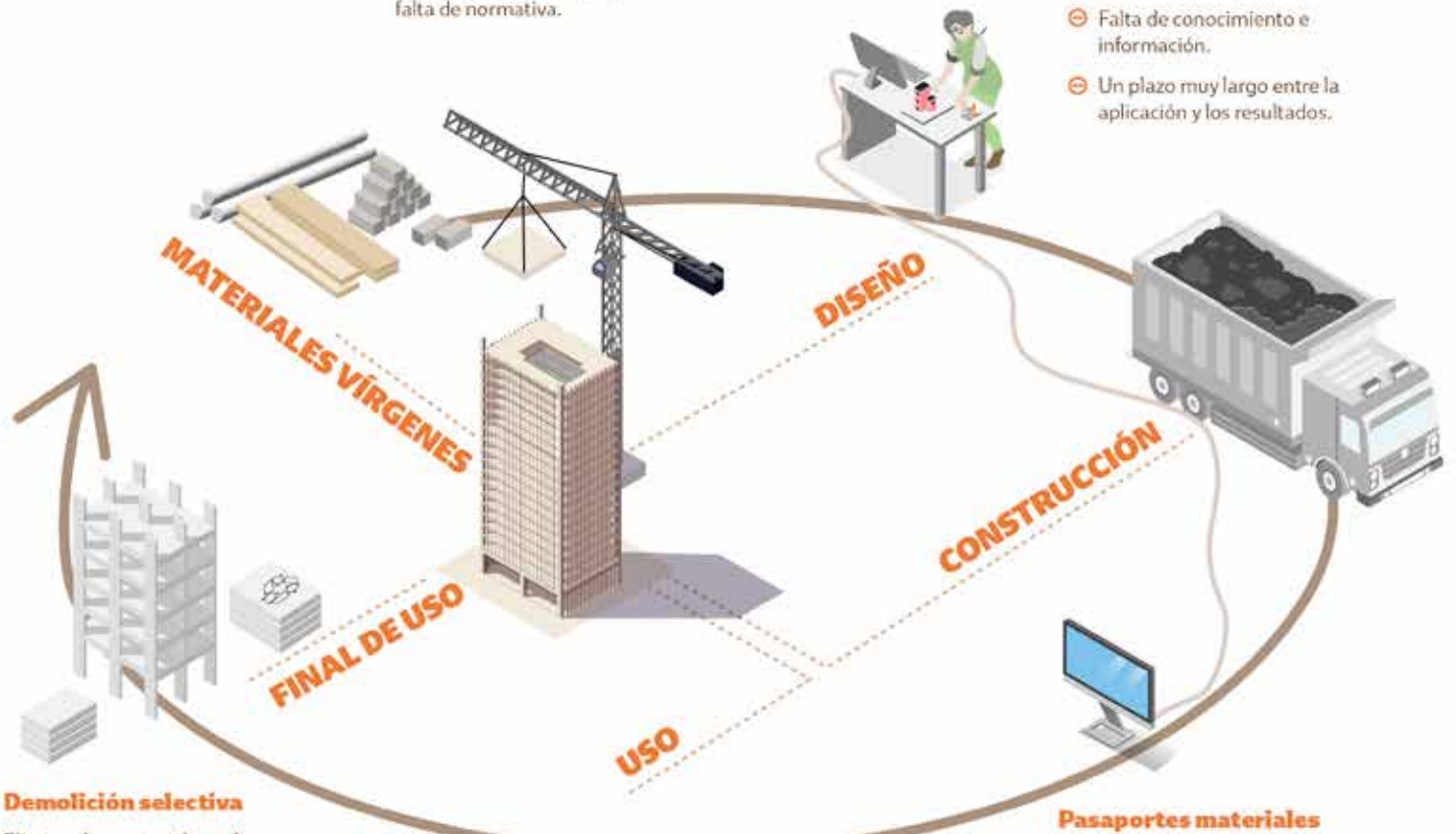
Materiales de gran durabilidad utilizados en elementos estructurales

- ⊕ Prolonga la vida útil de la construcción, contribuyendo así a la prevención de residuos
- ⊕ Crea demanda de material reciclado.
- ⊖ Bajo precio de los materiales vírgenes frente al alto coste de la transformación de los residuos.
- ⊖ Dudas sobre la calidad de los materiales reciclables, falta de normativa.

Diseño para el desmontaje

Diseñar los productos de construcción de manera que sean fáciles de separar en componentes que puedan ser reutilizados, reensamblados, reconfigurados, reciclados

- ⊕ La reutilización forma parte de la prevención de residuos, la separación de componentes facilita el reciclaje.
- ⊖ Mayor complejidad del desmontaje.
- ⊖ Posible conflicto con otra legislación, como la de eficiencia energética.
- ⊖ Falta de conocimiento e información.
- ⊖ Un plazo muy largo entre la aplicación y los resultados.



Demolición selectiva

Eliminar los materiales peligrosos y aumentar la separación en origen en fracciones de materiales puros de alto valor.

- ⊕ Aumentar la cantidad y la calidad del reciclaje
- ⊖ Una demolición más larga y potencialmente más costosa.
- ⊖ Falta de trazabilidad (información limitada sobre el origen de los residuos).
- ⊖ Complejidad de los edificios y materiales de construcción.



Ampliación de la vida útil de la construcción

Renovar, mejorar el mantenimiento, actualizar, reparar y adaptar las construcciones.

- ⊕ Aplicación de la prevención de residuos.
- ⊕ Evitar las nuevas construcciones y el impacto medioambiental correspondiente.
- ⊖ Los edificios energéticamente ineficientes también alargan su vida útil.
- ⊖ Riesgo por la presencia de materiales de calidad inferior en los edificios y la degradación de los elementos estructurales de los mismos.
- ⊖ Elevados costes laborales.
- ⊖ Cambios en las preferencias arquitectónicas.

Pasaportes materiales

Conjuntos de datos que describen las características definidas de los materiales y componentes de los productos de construcción

- ⊕ Facilita la separación en origen de los materiales al final de su vida útil, aumenta la calidad del reciclaje y los circuitos cerrados.
- ⊖ Gestión de la información y los datos durante largos periodos de tiempo
- ⊖ Costes de recogida y almacenamiento de datos.

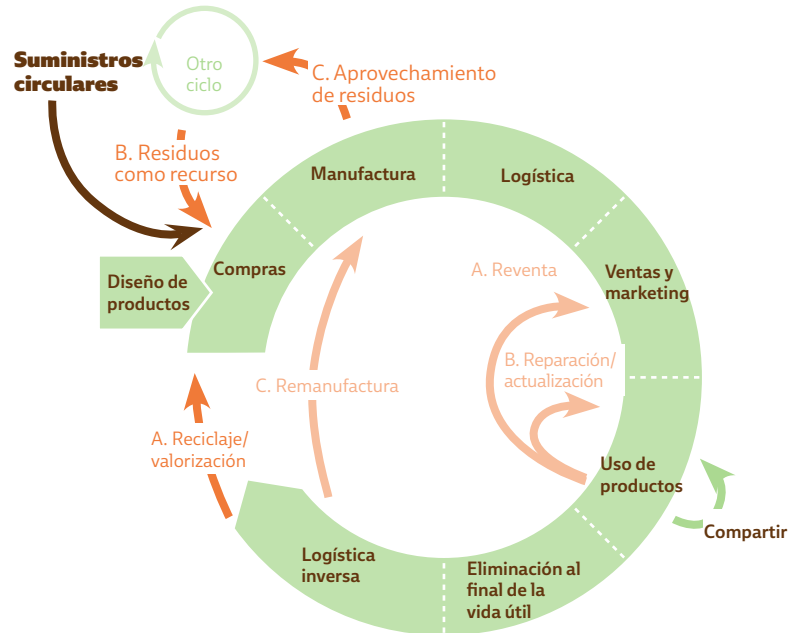
Nuevos modelos de negocio

La economía circular aplicada al sector de la construcción ofrece nuevas oportunidades de negocio. Estos son algunos de ellos:

Modelos de negocio

- Suministros circulares:** Uso de energías renovables, biomasa o materiales reciclables en lugar de recursos perecederos.
- Recuperación de los recursos:** Obtención de energía/recursos útiles a partir de residuos o productos de desecho.
- Prolongación de la vida útil del producto:** Ampliación del ciclo de vida de productos y componentes mediante reparación, actualización y reventa.
- Uso compartido de plataformas:** Aumento del nivel de uso de productos compartiendo su empleo/acceso/propiedad.
- Producto como servicio*:** Acceso a productos cuya propiedad se conserva para internalizar los beneficios generados con la productividad de recursos circulares.

*Aplicable a flujos de productos en cualquier punto de la cadena de valor



Source: adapted from Accenture

La empresa **Maersk**, utiliza el acero de sus barcos retirados para construir sus nuevos barcos. Para poder llevarlo a cabo elabora un "pasaporte de materiales" para cada pieza.



Cadena de suministro circular: recuperación y reciclaje

Este modelo se basa en el uso de materiales reciclables, biomasa o energías renovables. Tiene dos enfoques empresariales:


- La empresa produce recursos circulares para sí misma. Los productos se producen total o parcialmente a partir de materiales de entrada reciclables.
- Las empresas desarrollan y producen un producto y/o recurso circular para venderlo a otros como material de entrada para su producción.





Recuperación de los residuos


Este modelo se basa en la obtención de recursos a partir de residuos, mediante su valorización²⁸.

Una empresa puede valorizar sus propios residuos o los de otras empresas. Los trabajos incluyen desde la preparación para la reutilización hasta el procesado.

La empresa **Gamle Mursten** compra ladrillos de las obras de demolición, los clasifica y los limpia para reintroducirlos en el mercado. La limpieza se efectúa con un sistema patentado mediante vibraciones y sin uso de productos químicos y agua. Una vez limpios, los ladrillos se someten a un control de calidad. Una de las principales barreras del uso de materiales de construcción reutilizados es que no disponen de marcado CE. La empresa ha sido la primera europea en obtener una evaluación técnica europea (ETA), para poder obtener el marcado CE de sus ladrillos. 

La empresa belga **Rotor deconstruction** es pionera en el campo de los componentes recuperados de la construcción. Su cometido es desmontar, acondicionar y vender los materiales, además de ayudar a los propietarios de edificios, contratistas y arquitectos para volver a utilizarlos. 

La empresa **Miniwiz** transforma residuos en más de 1200 productos que pueden utilizarse para la construcción, interiores y productos de consumo. 


Además, para fabricar algunos de estos productos, han diseñado planta móvil de reciclaje de residuos de plásticos y tejidos que se puede mover con un camión remolque y funciona con energía solar. 

Más ejemplos 

Extensión de la vida útil del producto

Este modelo se basa en la ampliación de la vida útil de productos, componentes incluso edificios mediante su reparación, actualización y reventa, con el objetivo de mantener o ampliar su valor económico el mayor tiempo posible. En este caso, el diseño para el desmontaje y la adaptabilidad da oportunidades a un producto para prolongar su vida útil y para poder adaptarse a otras funciones distintas a su primer uso.

La restauración y la rehabilitación de edificios se incluyen en este modelo.

La ampliación Ayuntamiento de Brummen, en Holanda, es un ejemplo de construcción circular diseñada para ser desmontada. El 90% de los materiales y componentes que lo conforman pueden desmontarse y reutilizarse o reciclarse. Los contratos incluyen acuerdos con los organismos que recuperan el vidrio y el aluminio para su reciclaje. Además, después de 20 años, la madera estructural y los metales pueden devolverse, bajo contrato, a los proveedores, desbloqueando un mínimo del 20% de su valor residual. 

²⁸ «valorización»: cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que el residuo sea preparado para cumplir esa función, en la instalación o en la economía en general. Fuente: Directiva Marco de los Residuos 2008/98/CE.

Plataforma compartida

Este modelo, estrechamente relacionado con la economía colaborativa, consiste en ampliar el uso de los productos que un usuario no utiliza de forma intensiva, compartiéndolos con otros usuarios. Para ello se utilizan plataformas tecnológicas de intercambio, por ejemplo, apps o redes sociales. Las plataformas ponen en contacto compradores y vendedores, para alquilar, compartir o prestar productos de construcción, herramientas, maquinaria o incluso edificios. El propietario de la plataforma actúa como intermediario y los ingresos se generan por el acceso a la plataforma o por venta de servicios de gestión vinculados con la actividad que se realiza a través de la plataforma.

Loop Rocks es una plataforma que conecta entre sí las obras de construcción, para que puedan intercambiar materiales entre ellas, como tierra o piedra. El objetivo de este mercado virtual es ajustar la oferta a la demanda, para lograr un uso más sostenible y eficiente de los materiales de construcción.



En 2016, en Suecia y Dinamarca, se conectaron 1,5 millones de toneladas de materiales de construcción secundarios a través de esta plataforma.

MatMap es una plataforma digital española de compraventa de materiales de construcción procedentes de demolición, sobrantes de obra, sobre producción industrial y partidas descatalogadas. La empresa consta de un servicio de gestión logística que tiene como objetivo redistribuir productos que no se usan para su reutilización.

Productos como servicios

Este modelo es una extensión directa del modelo de plataforma de intercambio. En los sistemas producto-servicio o servitización, el usuario, en lugar de tener la propiedad de un producto, paga por tener acceso al servicio que proporciona un producto. De esta forma la empresa que posee el producto y proporciona el servicio, que puede ser el mismo fabricante, tiene interés en utilizar productos de mayor nivel y calidad, que sean fácilmente reparables y actualizables, pues esto se incluye en el servicio que prestan.

Al igual que otras empresas, la empresa EGC está implementando el modelo "light as a service", donde retiene la propiedad de las luminarias y ofrece servicios de instalación, mantenimiento y actualización durante la duración del contrato. Para ello están desarrollando luminarias de piezas reemplazables que permiten mantener el 95% de la luminaria cuando ésta falla.



La empresa Kaer, diseña, instala y ofrece como servicio sistemas de aire acondicionado. La empresa utiliza la detección y el análisis de datos que se combinan con la tecnología de inteligencia artificial para ajustar constantemente el sistema optimizándolo de forma automática y en tiempo real. Este modelo asegura que el sistema funcione con mayor eficacia y se reduce el costo energético y los costos operativos.



Unidad 4. Política europea de economía circular

Pacto verde europeo

Como respuesta a la crisis ambiental actual, en diciembre de 2019, la Comisión Europea presentó la “Comunicación sobre el Pacto Verde Europeo”²⁹.

29 Comunicación de la Comisión al Parlamento europeo, al Consejo europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social europeo, y al Comité de las Regiones. El Pacto Verde Europeo. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0640&from=EN>

El Pacto es una hoja de ruta para lograr una economía sostenible, neutra en emisiones de carbono, competitiva y eficiente en el uso de los recursos. Sus objetivos son:

- reducir a cero las emisiones netas de gases efecto invernadero antes del 2050,
- disociar el crecimiento económico del consumo de los recursos impulsando la economía circular,
- mejorar la calidad de vida de los europeos,
- restaurar la biodiversidad y reducir la contaminación.

La Comisión anunció iniciativas que comprenden ámbitos de actuación interconectados. entre ellos: el clima, el medio ambiente, la energía, el transporte, la industria, la agricultura y las finanzas sostenibles. En ella se destaca la necesidad de realizar un enfoque holístico en las actuaciones y políticas para alcanzar los objetivos pactados.

Nuevo plan de economía circular

Entre las iniciativas del "Pacto Verde" se incluía impulsar un nuevo "**Nuevo Plan de Acción para la Economía Circular**"³⁰, que se presentó en marzo del 2020 y cuyo objetivo es modernizar la economía europea, a través de una transformación verde y digital. El Plan presenta iniciativas aplicables todo el ciclo de vida de los productos, y plantea de medidas para conseguir:

- **Que los productos que se comercialicen en la Unión europea sean sostenibles.** Se legislará para que los productos sean más duraderos, además de fácilmente reutilizables, reparables y reciclables y que incorporen materias primas secundarias. Se restringirán los productos de un solo uso.
- **Que los consumidores reciban información sobre la durabilidad y la reparabilidad de los productos que adquieren.** Podrán acogerse al derecho a reparación.
- **Evitar la producción de residuos,** y convertir en materias primas secundarias los que se produzcan.



Virginijus Sinkevičius, Comisario de Medio Ambiente, Océanos y Pesca de la UE. [Unión Europea, 2020 Fuente: CE - Servicio Audiovisual].

30 Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones Un nuevo plan de acción para la economía circular Por una Europa más limpia y competitiva COM/2020/98 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>

El Plan se centra en los sectores que utilizan más recursos y tienen mayor potencial de circularidad, entre los que se encuentran embalajes, electrónica, plásticos, la construcción y vivienda.

En el sector de la construcción, el plan propone una estrategia integral para lograr un entorno construido sostenible basado en los principios de circularidad. Esta estrategia pretende lograr coherencia entre todas las áreas de actuación: *“el clima, la energía y la eficiencia en el uso de los recursos, la gestión de los residuos de la construcción y demolición (RCDs), la accesibilidad, la digitalización y las capacidades”*³¹. Además, el plan promueve aplicar los principios de circularidad en todo el ciclo de vida del edificio y para ello propone:

- Introducir en el Reglamento de Productos de la Construcción requisitos sobre el contenido de materias secundarias para determinados productos, considerando su seguridad y funcionalidad.
- Aumentar la durabilidad, adaptabilidad de los edificios siguiendo principios de circularidad en su diseño, y elaborar libros digitales del edificio.
- Integrar en la contratación pública la evaluación del ciclo de vida utilizando la herramienta Level(s). Estudiar la posibilidad de fijar objetivos de reducción de carbono, así como investigar el potencial del almacenamiento de carbono en las construcciones.
- Revisar los objetivos establecidos en la legislación de la UE para los RCDs, para la recuperación de materiales y sus fracciones de materiales específicos.
- Reducir la superficie de sellado del suelo, rehabilitar solares abandonados o contaminados e impulsar el uso seguro, sostenible y circular de suelos excavados.

Nueva ola de renovación

En octubre de 2020, la Comisión Europea publicó su comunicación *Renovation Wave*.

Otra iniciativa del Pacto Verde, directamente enfocada a la edificación, es la denominada *“Renovation Wave”*³², publicada en una comunicación de la Comisión Europea en octubre de 2020. Este documento estratégico constituye un plan de acción gracias al cual **para el año 2030 se pretende duplicar la tasa anual de renovación energética del entorno construido, fomentar las renovaciones energéticas en profundidad, a la vez que edificios más sanos, más ecológicos, accesibles y resilientes**. Los objetivos finales de esta iniciativa son:

- a) *“la lucha contra la pobreza energética y la mejora de los edificios menos eficientes”;*
- b) *“la renovación de edificios públicos, como centros administrativos, educativos y sanitarios”;*
- c) *“la descarbonización de los sistemas de calefacción y refrigeración”.*

³¹ Comunicación de la Comisión al Parlamento europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social europeo y al Comité de las Regiones. Nuevo Plan de acción para la economía circular para una Europa más limpia y más competitiva. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:52020DC0098>

³² Comunicación de la Comisión al Parlamento europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social europeo y al Comité de las Regiones. Oleada de renovación para Europa: ecologizar nuestros edificios, crear empleo y mejorar vidas. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?qid=160312220757&uri=CELEX%3A52020DC0662>



Source: EC.
Audiovisual Service

Para ello, la UE ha fijado una serie de acciones clave, estas son:

- Revisar y actualizar las regulaciones, normas e información sobre el rendimiento energético de los edificios, para que sean más estrictas. Introducir de forma gradual estándares mínimos obligatorios de eficiencia energética para los edificios existentes.
- Proporcionar financiación reforzada, accesible, y específica. Facilitar subvenciones y préstamos para el apoyo de proyectos.
- Ayudar a mejorar la capacitación para formular e implementar proyectos de rehabilitación energética.
- Potenciar la construcción sostenible basada en la economía circular. Fomentar el desarrollo de soluciones industrializadas que limiten el coste y la duración de las obras y que incluyan de materiales sostenibles de origen biológico y materiales que provengan de la reutilización y el reciclaje. Revisar los objetivos de reutilización y reciclaje y la legislación europea sobre comercialización de productos de construcción que provengan de materiales secundarios.
- Apoyar la digitalización y el modelado de información para la edificación.
- Desarrollar un enfoque participativo a nivel de comunidad y de distrito, que permita a las comunidades locales integrar soluciones digitales y renovables y convertirse en productores de energía que pueden vender a la red.
- Crear de una nueva Bauhaus europea, un proyecto interdisciplinar y experimental, donde la ciencia, la tecnología, el arte se mezclen para para impulsar la innovación y el diseño sostenible. Es decir, unir la sostenibilidad con el estilo, para obtener soluciones pioneras e innovadoras que resulten atractivas y **asequibles para los ciudadanos**.

BIBLIOGRAFÍA

- Arup (2016) The Circular Economy in the Built Environment.
- Arup. Ellen McArthur Foundation (2020). From principles to practices realising the value of circular economy in real estate. <https://figbc.fi/julkaisu/from-principles-to-practices-realising-the-value-of-circular-economy-in-real-estate/>.
- CONAMA 2018. Economía circular en el sector de la construcción.
- Fundación Ellen MacArthur. The Circular Model-Brief History and Schools of Thought; Ellen MacArthur Foundation: Cowes, Reino Unido, 2013; pp. 1-4.
- Fundación Ellen MacArthur. 2013. Hacia la economía circular
- Kasper Guldager Jensen y John Sommer. Construyendo un futuro circular.
- Building A Circular Future by 3XN_GXN - Issuu, <https://issuu.com/3xnarchitects/docs/buildingacircularfuture>.
- Comité de Sostenibilidad de la Ciudad de Aarhus Economía circular en la construcción. Hazte verde con Aarhus.,
- Agencia Europea de Medio Ambiente.2017 Circular by design.
- Circle House: el primer proyecto de vivienda circular de Dinamarca. 2018. Programa de Realdaania para la Innovación en la Construcción y Fondo de Desarrollo y Demostración de la Agencia Danesa de Protección del Medio Ambiente (MUDP).
- Circle House - El primer proyecto de vivienda circular de Dinamarca, https://issuu.com/3xnarchitects/docs/2019.01.14_circle_house_book_englis.
- BAMB (2016) Enabling a circular building industry [En línea] Disponible en: www.bamb2020.eu/ [Consultado el 17 de marzo de 2017].
- Circular by design Productos en la economía circular. (Agencia Europea de Medio Ambiente,
- 2017). <https://www.eea.europa.eu/publications/circular-by-design>
- Pomponi, F. y Moncaster, A. (2017). Economía circular para el entorno construido: Un marco de investigación. Journal of Cleaner Production 143, 710-71.
- Rahla, K.M.; Mateus, R.; Bragança, L. Implementing Circular Economy Strategies in Buildings. From Theory to Practice. Appl. Syst. Innov. 2021, 4, 26. <https://doi.org/10.3390/asi4020026>.

- Leiva, B, Zambrana, D Garcia, M, Figuerola, E; Morató, J; Ronquillo, L.; Perero, E; Rodríguez-Girones, M; Comendador, P; Masec T (2019). Indicadores para medir la circularidad en el sector de la edificación. Madrid GBCE. https://gbce.es/wp-content/uploads/2020/04/Informe-indicadores-EC-GBCE_v1912.pdf.
- Ventura, A; Maynes A; de Diego, B; Figuerola, E; Marrot J; Bolea J; Battle , T, 2021. Economía Circular en la Edificación. Madrid GBCE
- ISO 20887. 2020. Sostenibilidad en edificios y obras de ingeniería civil - Diseño para el desmontaje y la adaptabilidad - Principios, requisitos y orientación.
- Comisión Europea (2017) Circular Economy Strategy [En línea] Disponible en: ec.europa.eu/environment/circulareconomy/index_en.htm [Consultado el 8 de marzo de 2017].
- Comisión Europea (2016) Construction and Demolition Waste [En línea] Disponible en: ec.europa.eu/environment/waste/construction_demolition.htm
- Comisión Europea 2020. Economía circular- Principios para el diseño de edificios.
- Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones El "Green Deal" europeo COM/2019/640 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1588580774040&uri=CELEX:52019DC0640>
- Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones Un nuevo Plan de Acción para la Economía Circular Por una Europa más limpia y competitiva
- COM/2020/98 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>
- Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones Una ola de renovación para Europa: ecologizar nuestros edificios, crear empleo y mejorar la calidad de vida. COM/2020/662 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1603122220757&uri=CELEX:52020DC0662>
- Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones Una ola de renovación para Europa: ecologizar nuestros edificios, crear empleo y mejorar la calidad de vida. COM/2020/662 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1603122220757&uri=CELEX:52020DC0662>

