

Cuadernos de la Cátedra CaixaBank de
Sostenibilidad e Impacto Social

Eficiencia energética y edificación sostenible: estrategias para la transición climática en el sector de la construcción

Bruno Martínez

Joan Fontrodona

Eficiencia energética y edificación sostenible: estrategias para la transición climática en el sector de la construcción

Bruno Martínez

Asistente de investigación

Joan Fontrodona

Profesor de Ética Empresarial y Análisis de Situaciones de Negocio y titular de la Cátedra CaixaBank de Sostenibilidad e Impacto Social

Edición: Caja Alta Edición & Comunicación (www.cajaalta.es)

Diseño: IESE Business School – www.iese.edu

La Cátedra CaixaBank de Sostenibilidad e Impacto Social responde al compromiso de fomentar, promocionar y divulgar nuevos conocimientos sobre la Responsabilidad Social Empresarial (RSE). Todo esto, a través de la generación de ideas y conceptos innovadores en el ámbito de la responsabilidad social, dirigidos especialmente al sector empresarial.

Creada en 2005, la Cátedra desarrolla proyectos de investigación, participa en congresos y conferencias, y organiza mesas redondas y actividades de divulgación sobre la responsabilidad social de la empresa.

Introducción	4
1. Situación energética actual	4
1.1. Desafíos medioambientales	6
1.2. Doble línea de acción estratégica	10
2. El rol del sector de la edificación	17
2.1. Ciclo de vida energético de los edificios	17
2.2. Impacto global del sector en las emisiones de CO ₂	20
2.3. Marco regulador de la UE	21
2.4. Principales certificaciones.....	23
2.5. Técnicas de edificación eficiente.....	25
2.6. Ejemplos emblemáticos de edificación eficiente en España.....	27
Conclusión	30
Referencias	32

Introducción

La energía y la edificación constituyen dos de los pilares fundamentales sobre los que se sostiene el desarrollo de las sociedades contemporáneas. La primera, en sus múltiples formas, permite el funcionamiento de los sectores productivos, la prestación de servicios esenciales y el acceso a las tecnologías que definen la vida moderna. En paralelo, los segundos constituyen el entorno físico en el que transcurre nuestro día a día: son los hogares donde vivimos, los lugares de trabajo que impulsan la economía y los centros educativos que forman a las nuevas generaciones, así como los espacios de salud, cultura y ocio que estructuran las ciudades y las comunidades.

Además, en el contexto actual de crisis climática, las dos áreas mencionadas convergen también como actores clave en la lucha contra el calentamiento global. Por un lado, la creciente demanda mundial de energía –impulsada por el crecimiento demográfico, la urbanización acelerada y la expansión tecnológica– ha generado una presión sin precedentes sobre los recursos naturales. Aquella ha estado históricamente cubierta por una matriz energética dominada por los combustibles fósiles, lo que ha convertido a este sector en la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), con graves consecuencias sobre el equilibrio climático del planeta.

Ante este panorama, se ha impuesto con urgencia la necesidad de repensar tanto la forma en la que se genera la energía como, sobre todo, la manera en la que esta se consume. Aunque las estrategias sostenibles han puesto el foco de modo principal en la oferta –es decir, en la descarbonización del sistema energético a través del impulso de las fuentes renovables y la mejora de la eficiencia tecnológica–, en los últimos años ha emergido un enfoque más sistémico que reconoce el papel crucial de la demanda y la necesidad de intervenir también sobre ella.

En este escenario, el sector de la edificación ha adquirido una relevancia estratégica creciente. Responsable de, aproximadamente, el 30% del consumo energético global y de hasta el 40% de las emisiones relacionadas con la energía en muchas regiones del mundo, esta actividad se configura como uno de los ámbitos más prometedores –y, al mismo tiempo, más complejos– para avanzar hacia un modelo de desarrollo descarbonizado.

Esta realidad ha sido reconocida tanto en el marco de las principales políticas internacionales –como el Acuerdo de París o los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)– como en las agendas legislativas de la Unión Europea. En el 2024, el Parlamento Europeo y el Consejo adoptaron el Reglamento (UE) 2024/3110¹, por el que se establecen reglas armonizadas para la comercialización de productos de construcción, y la Directiva (UE) 2024/1275², relativa a la eficiencia energética de los edificios, lo cual supuso el reconocimiento de la centralidad del sector dentro del panorama climático.

A lo largo de este cuaderno se exploran, en primer lugar, los principales aspectos que definen la situación energética actual, así como los impactos ambientales asociados al modelo energético vigente. A continuación, se examina en profundidad el papel del sector de la edificación en esta problemática, para lo cual se pondrá el foco tanto en sus patrones de consumo de energía como en su potencial transformador hacia un modelo más sostenible. Se prosigue con el análisis de las regulaciones más recientes en materia de eficiencia energética aplicables al referido sector, con particular énfasis en la relevancia de las certificaciones de sostenibilidad en este contexto inicial de implementación de los nuevos estándares normativos. Por último, se muestran algunos ejemplos concretos de proyectos de edificación eficiente llevados a cabo en el ámbito nacional, con el objetivo de acercar los marcos teóricos y legales a casos reales que permiten comprender su aplicación práctica.

1. Situación energética actual

La energía constituye un componente esencial que atraviesa todos los aspectos de nuestra vida diaria. Su presencia se manifiesta de forma constante, tanto de manera directa como indirecta, en cada uno de los sectores que conforman las estructuras económicas y sociales: el residencial, el comercial, el industrial e, incluso, el agrícola. En términos más amplios, aquella es una condición fundamental para la vida moderna y el desarrollo económico y resulta imprescindible para sostener los niveles de bienestar, productividad e innovación de las sociedades actuales.

Nos encontramos inmersos en una era marcada por una profunda dependencia energética, una condición que se ha consolidado de modo paulatino desde los tiempos de la

¹ Reglamento (UE) 2024/3110 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de noviembre del 2024, por el que se establecen reglas armonizadas para la comercialización de productos de construcción y se deroga el Reglamento (UE) n.º 305/2011, *Diario Oficial de la Unión Europea* de 18 de diciembre del 2024, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202403110.

² Directiva (UE) 2024/1275 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 24 de abril del 2024, relativa a la eficiencia energética de los edificios. 2024. *Diario Oficial de la Unión Europea* de 8 de mayo del 2024, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=CELEX:32024L1275>.

Revolución Industrial. A lo largo de los siglos, el crecimiento económico, el avance tecnológico y la expansión de las sociedades industriales han estado intrínsecamente ligados al consumo intensivo de recursos energéticos. Esta situación ha configurado un panorama en el que la energía no solo ha devenido esencial para el desarrollo y el bienestar, sino que también se ha convertido en un factor estratégico que determina las dinámicas políticas y económicas a nivel global.

Los datos reflejan de forma muy clara esta tendencia. En 1850, poco después del inicio de la Revolución Industrial, el consumo energético planetario ascendía a 7.791 teravatios hora. Para el 2023, este había alcanzado los 183.230, lo que supone un incremento del 2.351,8% (Ritchie *et al.* 2024a). Tal como muestra la **Figura 1**, el ritmo de crecimiento de dicho consumo se ha intensificado de manera especial en los últimos 50 años, con ligeras caídas solo en momentos puntuales: a comienzos de los años 80, en el 2009 –tras la crisis financiera mundial– y en el 2020, como consecuencia de la pandemia de la COVID-19.

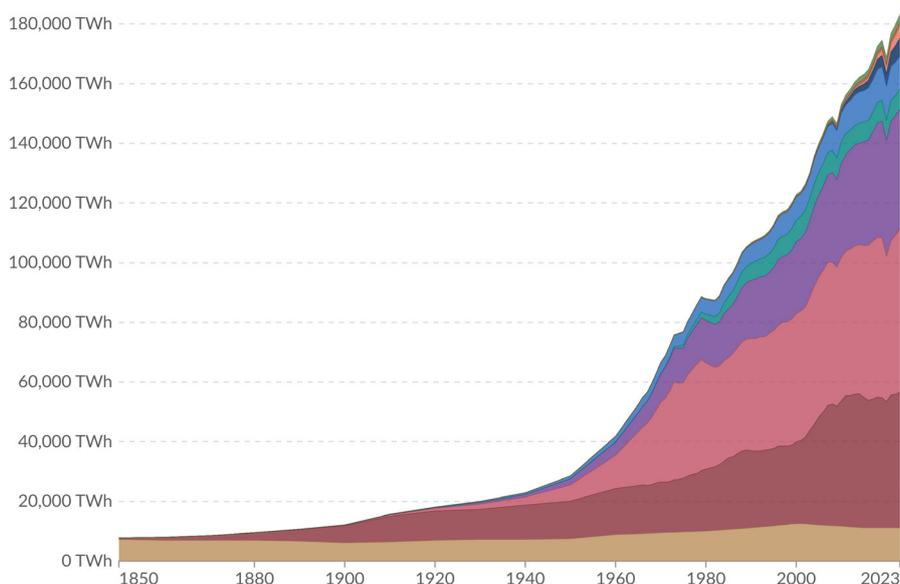
En los últimos 150 años, el mundo ha sido testigo de un aumento sin precedentes en la demanda de energía, tendencia que se ha acelerado de forma notable en las últimas décadas: entre 1971 y el 2019, el suministro global se incrementó en un 160% (Climate Action Accelerator, s. f.). Además, las proyecciones indican que este fenómeno continuará al alza, pues se prevé un crecimiento adicional en las necesidades

mundiales de entre un 11% y un 18% para el 2050 (McKinsey & Company 2024). Todo ello constituye el reflejo de una humanidad cada vez más interconectada y dependiente de sistemas energéticos complejos.

El incremento descrito responde a la combinación de múltiples factores demográficos, económicos, tecnológicos y sociales que, en conjunto, han transformado en profundidad la estructura y la magnitud de la demanda de energía a escala planetaria.

Por un lado, los avances tecnológicos han sido determinantes en el aumento del consumo energético. Si bien estos han permitido un uso más eficiente de los recursos, también han multiplicado las modalidades de utilización en prácticamente todos los ámbitos de la vida contemporánea. Desde la Revolución Industrial, la expansión del transporte ferroviario, la electrificación urbana y el auge de la industria manufacturera establecieron las bases para un crecimiento sostenido en los requerimientos energéticos. Más tarde, el desarrollo de nuevas infraestructuras digitales, como centros de datos, redes de telecomunicaciones y dispositivos electrónicos, ha generado nuevas formas de demanda energética que antes no existían. Asimismo, la automatización industrial, la inteligencia artificial, la computación en la nube y la masificación del uso de dispositivos electrónicos en la vida cotidiana han ampliado de manera considerable la exigencia de un suministro constante.

Figura 1. Consumo de energía primaria a nivel global, 1850-2023



Fuente: Ritchie *et al.* (2024a).

Otro motor fundamental de este incremento ha sido el crecimiento demográfico. Aunque la población mundial ha aumentado de forma continua a lo largo de la historia, en los últimos siglos la velocidad de este fenómeno se ha acelerado exponencialmente: mientras que, en 1800, la población global rondaba los 1.000 millones de personas, hoy supera los 8.000 millones (Ritchie *et al.* 2023). Ello implica una necesidad creciente de recursos energéticos para satisfacer las demandas básicas y mejorar la calidad de vida de los habitantes del planeta.

A estos factores se suma también el crecimiento económico, en especial en los países emergentes. En las últimas décadas, muchas regiones del mundo que, en el pasado, contaban con un acceso limitado a servicios energéticos modernos han comenzado a mejorar sus condiciones de subsistencia, lo que ha supuesto un incremento considerable en la demanda de energía. Según McKinsey & Company (2024), en concreto, la evolución de las economías en los países de Asia Sudoriental, la India y Oriente Medio ha influido de modo considerable en esta tendencia ascendente. Además, este proceso presenta una estrecha vinculación con la urbanización acelerada, al auge de la actividad industrial y a la expansión de las clases medias. A medida que estas poblaciones acceden a un mayor número de bienes y servicios —como el transporte, las infraestructuras, la tecnología, la educación, la atención sanitaria y el confort en el hogar—, también aumenta de forma proporcional el consumo de energía necesario para sostener ese nuevo modelo de vida.

Asimismo, el desarrollo económico, el crecimiento de la población y el fortalecimiento de la clase media en cada vez más regiones del mundo no solo han impulsado una mayor demanda energética en el presente, sino que se prevé que lo sigan haciendo en el futuro. En este sentido, se estima que entre el 66% y el 95% del incremento de dicha demanda hasta el 2050 se concentrará en los países en vías de desarrollo (McKinsey 2024).

En este contexto, la generalización del acceso a la energía constituye, sin duda, una noticia positiva. A mayor disponibilidad energética, mayores son las oportunidades para impulsar el desarrollo económico y mejorar el bienestar social. Se trata de un recurso fundamental que permite iluminar escuelas, hacer funcionar hospitales, conservar alimentos, facilitar el transporte y dinamizar sectores productivos, entre muchos otros beneficios. En regiones donde históricamente ha prevalecido su escasez, este mayor acceso puede transformar de manera profunda la calidad de vida, empoderar comunidades y abrir nuevas posibilidades en materia de educación, empleo y salud.

Sin embargo, tal progreso conlleva también consecuencias medioambientales significativas. Tal como se analizará a continuación, la mayor parte de la energía que se consume en el mundo sigue generándose a partir de fuentes fósiles, principales responsables de las emisiones de GEI. En consecuencia, a medida que aumenta la demanda energética, los sistemas de producción se ven obligados a intensificar sus operaciones y expandirse, lo cual provoca una presión creciente sobre los ecosistemas y los recursos naturales del planeta.

1.1. Desafíos medioambientales

El sector energético abarca un extenso conjunto de actividades e industrias relacionadas con la producción, la transformación, la distribución y el consumo de energía. Engloba la totalidad de su ciclo, desde la extracción de fuentes primarias hasta su consumo por parte de la población en formas útiles como la electricidad o los combustibles procesados.

Cada fase de ese proceso involucra sistemas técnicos, logísticos y económicos de gran sofisticación, que, en conjunto, configuran una extensa red industrial a escala global. Además, la cadena energética no se limita solo a la generación y el transporte de la energía, sino que incluye también el desarrollo y el mantenimiento de infraestructuras y tecnologías destinadas a las redes de distribución que garantizan un suministro estable, continuo y seguro para todos los sectores productivos y para el conjunto de la población.



Aunque cada uno de los eslabones que conforman la cadena energética resulta esencial para sostener el estilo de vida contemporáneo, también representa algunas de las principales fuentes antropogénicas de deterioro ambiental. Desde la extracción de recursos hasta la generación, la distribución y el consumo de la energía, todas las etapas del proceso implican la emisión de contaminantes, la producción de residuos y la creación de alteraciones en los ecosistemas.

Por un lado, actividades como la extracción de combustibles fósiles, la construcción de grandes centrales hidroeléctricas o la instalación de parques eólicos y solares provocan transformaciones profundas en los entornos naturales donde se emplazan. Así, la obtención de petróleo, gas y carbón conlleva la remoción masiva de suelos, la liberación de contaminantes al aire y al agua y la alteración de hábitats, lo que puede derivar en una importante pérdida de biodiversidad. Por su parte, las presas hidroeléctricas de gran escala inundan vastas áreas, modifican los ciclos hidrológicos y desplazan especies de flora y fauna autóctonas. De forma similar, los parques eólicos y solares, aunque menos contaminantes en su operación, requieren enormes extensiones de terreno, lo cual puede fragmentar hábitats, alterar rutas migratorias de aves y modificar microclimas locales.

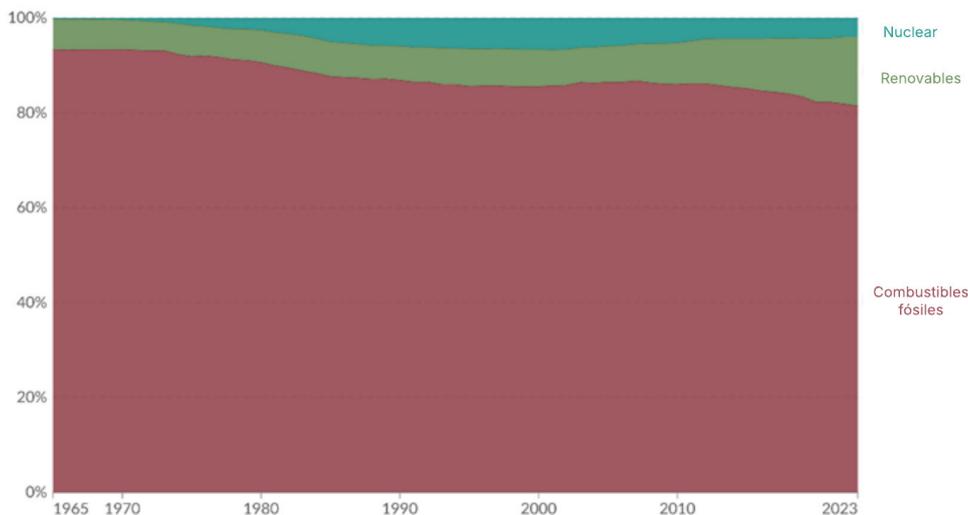
No obstante, el mayor impacto ambiental del sector energético proviene de las emisiones de GEI derivadas de sus actividades. La matriz energética global sigue dominada por

los combustibles fósiles, cuya explotación, además de agotar recursos finitos, incrementa de manera significativa la concentración de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases contaminantes en la atmósfera. Según los datos correspondientes al 2023, más del 80% de la energía producida en el mundo tuvo su origen en fuentes como el carbón, el petróleo y el gas natural (Ritchie y Rosado 2024b), tal como se observa en la **Figura 2**.

Los combustibles fósiles –carbón, petróleo y gas natural– están compuestos principalmente por hidrocarburos, es decir, moléculas formadas por átomos de carbono (C) e hidrógeno (H). Al ser quemados para la generación de energía, estos compuestos experimentan una reacción química de combustión en la que los primeros se oxidan al combinarse con el oxígeno del aire y dan lugar a CO₂. Además, este proceso libera otros GEI, como el metano (CH₄), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los óxidos de azufre (SO_x), todos ellos con un impacto relevante sobre el clima.

Si bien la presencia de los mencionados GEI resulta esencial para mantener en la Tierra una temperatura compatible con la vida –puesto que permiten retener parte de la radiación solar en la atmósfera–, el incremento exponencial de sus emisiones debido a la actividad humana ha alterado de modo profundo este equilibrio natural. Su mayor concentración ha intensificado el efecto invernadero, lo que ha llevado a que se retenga más calor del necesario y se genere un progresivo

Figura 2. Consumo mundial de energía procedente de combustibles fósiles, fuentes nucleares y renovables



Fuente: adaptado de Ritchie y Rosado (2024b).

aumento de la temperatura media mundial. Este fenómeno, conocido como *calentamiento global*, constituye una de las expresiones más alarmantes del cambio climático.

Así, a medida que las emisiones antropogénicas de GEI se han incrementado, también lo han hecho las temperaturas. Desde 1880, la temperatura media del planeta ha ascendido en torno a 0,8 grados Celsius. Según la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA 2022), este fenómeno se ha acelerado de modo especial entre 1990 y el 2022, periodo en el que la retención de calor en la atmósfera ha crecido un 49%. Además, las proyecciones actuales advierten que, con los niveles de CO₂ en ella acumulados, es probable que la temperatura del planeta aumente 1,5 grados por encima del nivel preindustrial e, incluso, que se alcancen los 2 grados de incremento si en los próximos años no se reducen las emisiones en términos drásticos.

Las repercusiones de este calentamiento global ya se manifiestan de forma evidente en diversos ámbitos, y, de mantenerse la tendencia actual, sus efectos se intensificarán de manera considerable en los años venideros. Entre las principales consecuencias se encuentran (Martínez y Fontrodona 2024b):

- **Afectaciones en el sector agrícola.** La agricultura es una de las actividades más afectadas por el calentamiento global, dada su gran dependencia de las condiciones climáticas. Las alteraciones en los patrones de precipitaciones, junto con la mayor frecuencia de los fenómenos extremos como sequías, tormentas e inundaciones, afectan la productividad agrícola y ponen en riesgo la seguridad alimentaria.
- **Escasez de recursos hídricos.** El incremento en la frecuencia y la duración de los periodos de sequía, sumado a las elevadas tasas de evaporación causadas por el aumento de las temperaturas, reducen de manera drástica la disponibilidad de agua para el consumo humano, la agricultura y la industria, lo cual intensifica los problemas de acceso a este recurso vital.
- **Impacto en la salud.** Estudios recientes evidencian que el incremento sostenido de las temperaturas ya está afectando a la salud humana, y se prevé que esta tendencia se agrave a medida que el calentamiento global avance, con lo que aumentará la incidencia de enfermedades respiratorias, cardiovasculares y contagiosas.
- **Mayor frecuencia y gravedad de los eventos meteorológicos extremos.** El incremento de la temperatura en todo el planeta ha intensificado tanto la frecuencia como la severidad de tales fenómenos, como huracanes, tormentas, olas de calor e inundaciones.

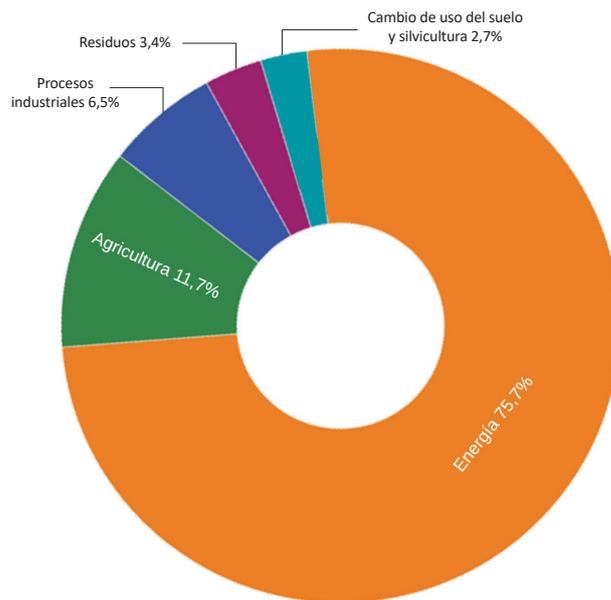
- **Migraciones climáticas.** Según datos de la OMS (2023), en la actualidad, cerca de 3.600 millones de personas residen en áreas altamente vulnerables al cambio climático, una cantidad que se prevé que continúe en ascenso debido a la degradación de los ecosistemas y la pérdida de medios de subsistencia provocados por el calentamiento global. Se calcula que, entre el 2008 y el 2016, los sucesos relacionados con este –inundaciones, tormentas, incendios forestales y temperaturas extremas– provocaron el desplazamiento de alrededor de 21,5 millones de personas de media al año (ACNUR 2022).
- **Pérdida de biodiversidad.** El aumento de las temperaturas altera los hábitats naturales de numerosas especies; con ello genera un mayor riesgo de extinción y, en consecuencia, una significativa pérdida de biodiversidad a escala planetaria.

Aunque el panorama descrito no puede atribuirse en exclusiva al sector energético, este se posiciona como uno de los principales responsables, al ser el mayor emisor de GEI a nivel mundial. La intensificación de sus operaciones, así como el crecimiento constante de la demanda de energía, han consolidado al sector como el principal contribuyente al calentamiento global. Entre 1990 y el 2021, las emisiones derivadas de sus operaciones aumentaron un 60% (Ge *et al.* 2024) y, en la actualidad, superan con creces a las del resto de los sectores productivos (véase la **Figura 3**).

Al desglosar las emisiones dentro del sector energético, se observa que la actividad con mayor impacto es la generación de electricidad, responsable de, aproximadamente, el 40% del total de estas, seguida por el transporte (18%) y, en tercer lugar, por la manufactura y la construcción (16,7%) (Ge *et al.* 2024). En este contexto, aunque cualquiera de estas actividades merece una atención prioritaria –pues cada una, por sí sola, genera más emisiones que todo el sector agrícola, el segundo más contaminante a nivel mundial–, el análisis se centrará a continuación en la actividad humana que más contribuye a la liberación de GEI: la conversión de materias primas energéticas en energía útil, en concreto, en forma de electricidad.

1.1.1. La generación eléctrica

La generación eléctrica es el proceso mediante el cual se transforma la energía contenida en fuentes primarias –como el carbón, el gas natural y la energía solar, la eólica o la hidráulica, entre otras– en electricidad, que después es transportada y distribuida para abastecer a los distintos sectores: residencial, industrial, comercial, de servicios, transporte, etc.

Figura 3. Emisiones globales de gases de efecto invernadero por sector, 2021.

Fuente: Elaboración propia basada en Ge *et al.* (2024).

Aunque la electricidad representa solo alrededor del 20% del consumo final de energía, su generación concentra cerca del 40% de todas las emisiones mundiales vinculadas a este sector (IEA 2023a). Tal desproporción se explica, principalmente, por la gran dependencia de los combustibles fósiles en los procesos para su producción, lo que convierte a esta actividad en una de las mayores emisoras de GEI y, en particular, de CO₂, pero también de otros gases con elevado potencial para producir calentamiento global, como el metano y el óxido nítrico.

Entre las principales fuentes fósiles utilizadas para generar electricidad, las más frecuentes son el carbón y el gas natural (véase la **Figura 4**):

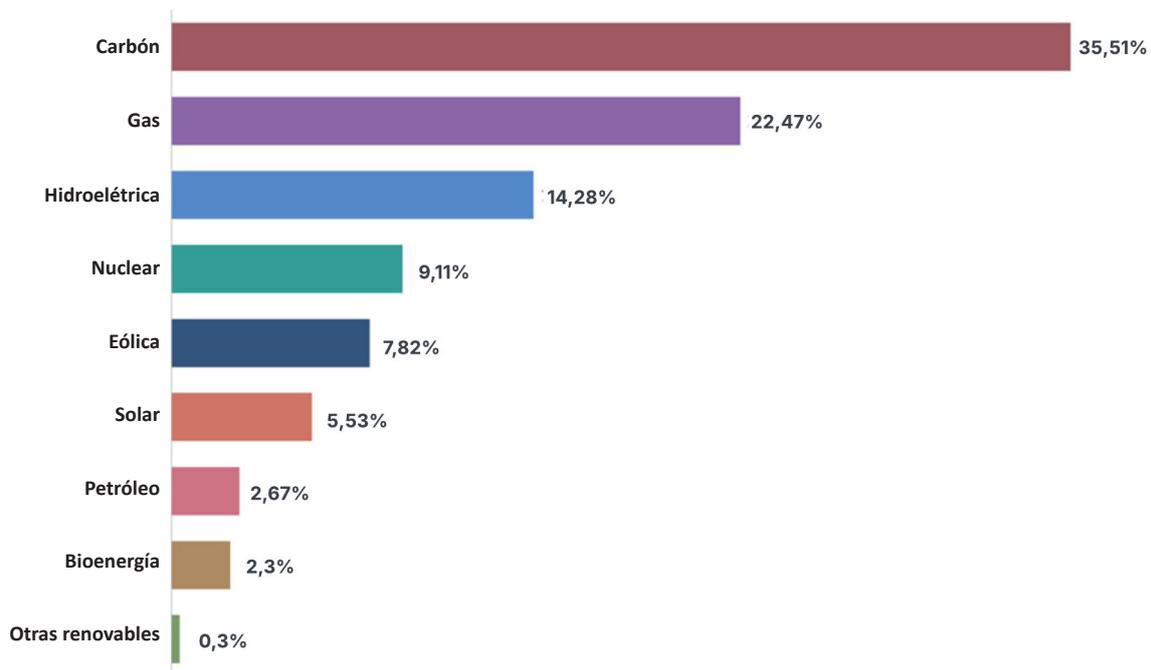
- **Carbón.** Este ha representado desde los inicios el combustible más utilizado en todo el mundo para la generación de electricidad y lo sigue siendo en la actualidad –en el 2023 representó un 35,5% de la producción eléctrica total (Ritchie y Rosado 2024a)–. El proceso comienza con la quema del carbón en una caldera. La energía térmica liberada durante la combustión se emplea para calentar grandes volúmenes de agua con el fin de transformarla en vapor a alta presión. Este último se canaliza hacia una turbina cuya rotación activa un generador eléctrico que convierte la energía mecánica en electricidad.
- **Gas natural.** Hoy en día es la segunda mayor fuente mundial de producción de electricidad –en el 2023 representó un 22% de la producción eléctrica total (Ritchie y Rosado 2024a)–. A pesar de que el gas natural es el combustible fósil más limpio, contiene metano (entre el 85% y el 90%), propano, etano, butano, algunos gases inertes

como nitrógeno, helio y dióxido de carbono, así como cantidades traza de otros gases. Las centrales eléctricas alimentadas con esta fuente funcionan de un modo muy similar a las de carbón, con la diferencia de que en estas se hace girar la turbina mediante el vapor de agua generado gracias a la combustión del gas natural.

La combustión de carbón y gas natural en los procesos de generación eléctrica constituye una de las principales fuentes de emisiones de GEI, que se producen como consecuencia de la quema de estos elementos. Durante el proceso, se liberan grandes cantidades de CO₂, metano y óxidos de nitrógeno.

Además, también se expulsan contaminantes atmosféricos muy nocivos como el dióxido de azufre (SO₂) y las partículas finas en suspensión (PM2.5). Estos compuestos están estrechamente asociados a ciertos efectos perjudiciales para la salud humana –como enfermedades respiratorias o cardiovasculares y afecciones crónicas– y a impactos ambientales como la lluvia ácida, la degradación de la calidad del aire y el deterioro de los ecosistemas en las zonas cercanas a las plantas generadoras.

A estos efectos se suma un impacto relevante sobre los recursos hídricos. Tal como se analizó anteriormente en esta misma Cátedra al abordar la huella hídrica (Martínez y Fontrodona 2024a), la generación eléctrica requiere grandes volúmenes de agua, tanto para la producción de vapor como para la refrigeración de los equipos. Esta elevada demanda aumenta la presión sobre las reservas de agua dulce, en especial en regiones aquejadas de estrés hídrico. Además, esta extracción intensiva y su posterior vertido a temperaturas

Figura 4. Proporción de la producción de electricidad global por fuente, 2023

Fuente: Elaboración propia basada en Ritchie y Rosado (2024a).

elevadas pueden alterar de forma significativa los ecosistemas acuáticos, afectar a la biodiversidad y reducir la disponibilidad del recurso para otros usos esenciales, como el consumo humano y la agricultura.

Por otra parte, la generación eléctrica da lugar a residuos sólidos, como las cenizas resultantes de los procesos de combustión o los efluentes líquidos, que pueden contener metales pesados y otras sustancias químicas tóxicas. Si estos subproductos no se gestionan ni se tratan de modo adecuado, representan una amenaza grave para el medioambiente, en especial en lo que respecta a la calidad del agua y la salud de los ecosistemas acuáticos. La infiltración de estos contaminantes en ríos, lagos o acuíferos puede alterar gravemente el equilibrio ecológico, afectar a la biodiversidad y comprometer la disponibilidad de agua limpia para el consumo humano.

En conjunto, estos impactos sitúan la generación eléctrica como una de las actividades humanas más insostenibles desde el punto de vista ambiental. Por ello, como se verá a continuación, la reformulación de las prácticas vinculadas a ella y la gestión de la demanda energética se han convertido en prioridades fundamentales dentro de las estrategias globales de sostenibilidad y mitigación del cambio climático.

1.2. Doble línea de acción estratégica

Con la adopción del Acuerdo de París en diciembre del 2015 –en vigor desde el 4 de noviembre del 2016– la comunidad internacional estableció como objetivo mundial limitar el aumento de la temperatura media del planeta muy por debajo de los 2 grados respecto a los niveles preindustriales y proseguir los esfuerzos para restringir dicho incremento, a ser posible, a 1,5 grados. Para lograrlo, los países firmantes se comprometieron a alcanzar el pico máximo de emisiones de GEI lo antes posible y avanzar hacia la neutralidad climática para mediados de siglo.

Este compromiso impulsó una revisión profunda de las principales actividades antropogénicas responsables del deterioro ambiental, lo cual situó la cuestión energética en el centro del debate. Tal como se ha analizado con anterioridad, el sector de la energía constituye la principal fuente de emisiones de GEI en el mundo; ello subraya la necesidad urgente de su transformación estructural a escala planetaria con el fin de cumplir los objetivos climáticos acordados.

En este marco, se definió una estrategia mundial de actuación basada en una doble vía. Por un lado, la descarbonización del sistema energético mediante la sustitución progresiva

siva de los combustibles fósiles por fuentes renovables. Por otro lado, la mejora sustancial de la eficiencia energética, orientada a reducir la demanda global y minimizar los impactos ambientales asociados a los procesos de producción, transformación y distribución de la energía.

1.2.1. Hacia una energía más limpia

La transición hacia una energía limpia supone una modificación profunda en la manera en la que esta se genera, se distribuye y se consume. Su objetivo principal es reducir de forma progresiva la dependencia de los combustibles fósiles para dar paso a un sistema energético sustentado en fuentes que presenten impactos significativamente menores –y más sostenibles– para el planeta.

Tal como se ha analizado, en la actualidad, cerca de dos tercios de la electricidad mundial se produce mediante la quema de combustibles fósiles, lo cual sitúa al sector energético como la principal actividad humana responsable de la crisis climática que se enfrenta en todo el planeta.

Con la entrada en vigor del Acuerdo de París en el 2016 y en el marco del compromiso internacional de reducir de modo significativo las emisiones de CO₂ para frenar el calentamiento global, los esfuerzos se han orientado de forma prioritaria hacia el impulso del desarrollo, la implementación y la expansión de fuentes energéticas alternativas. Estas comprenden tanto energías renovables –como la solar, la eólica, la hidroeléctrica o la geotérmica– como tecnologías de bajas emisiones, entre ellas la energía nuclear. Todas estas soluciones comparten un mismo propósito: contribuir de manera decisiva al cumplimiento de los objetivos climáticos mundiales mediante la progresiva descarbonización del sistema energético.

Cerca de dos tercios de la electricidad mundial se produce mediante la quema de combustibles fósiles.

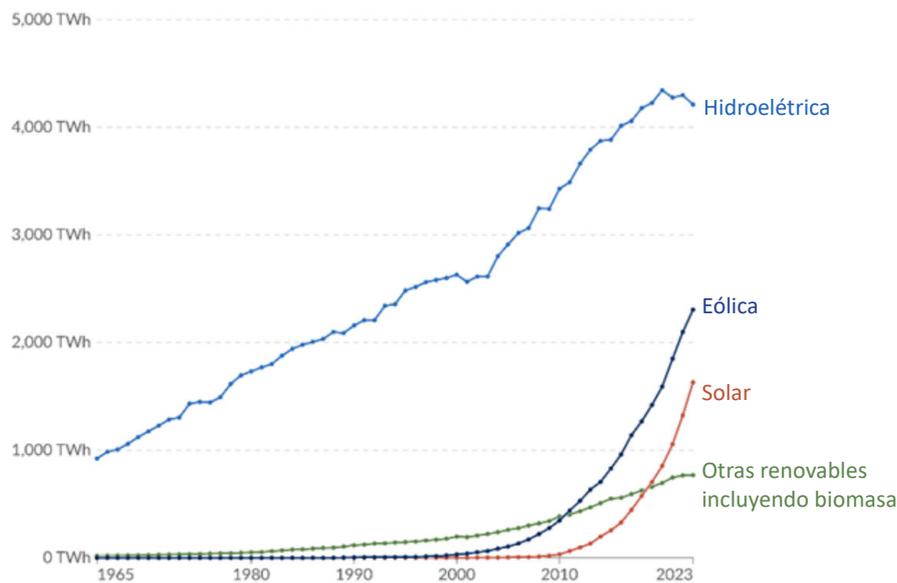
a) Fuentes de energía renovables

Por un lado, las energías renovables se definen como aquellas formas de energía que se obtienen a partir de fuentes naturales capaces de regenerarse a una velocidad considerablemente superior a la de su consumo. A diferencia de los combustibles fósiles, cuya formación requiere procesos geológicos que se extienden durante cientos de millones de años, estas son consideradas casi inagotables en el marco de los tiempos humanos.

Entre estas fuentes, destacan de manera especial –por su actual predominio en la generación de energía– la radiación solar, el viento y el movimiento del agua, tal como ilustra la **Figura 5**.

A continuación, se describe de manera sucinta cada una de ellas:

- **Energía eólica.** Es aquella que se obtiene a partir del movimiento de las masas de aire. Se trata de una forma de energía cinética que puede transformarse en electricidad mediante el uso de aerogeneradores. El proceso comienza cuando el viento hace girar las aspas de estos; ello activa un rotor conectado a un generador que convierte ese movimiento en electricidad utilizable. Según la localización de las instalaciones, se distinguen dos tipos principales de energía eólica: por un lado, la terrestre (*on-shore*), generada en parques eólicos ubicados en tierra firme, en especial en zonas con alta exposición al viento, como llanuras, mesetas o áreas elevadas; y, por otro lado, la marina (*off-shore*), que se produce en parques situados en el mar, donde los vientos tienden a ser más constantes e intensos, lo cual permite alcanzar una mayor eficiencia en la generación de energía. En el 2023, la energía eólica representó el 3,51% del consumo energético mundial. Esta proporción ascendió a cerca del 8% en la Unión Europea (UE) y alcanzó el 10,61% en el caso de España (Ritchie *et al.* 2024b).
- **Energía hidráulica.** Es aquella que aprovecha la energía mecánica contenida en el agua en movimiento para transformarla en electricidad. Este proceso se realiza en centrales hidroeléctricas, donde este elemento –procedente de ríos o almacenado en embalses– fluye con fuerza a través de turbinas hidráulicas, que rotan impulsadas por el caudal. Estas, a su vez, están conectadas a generadores eléctricos que convierten el movimiento mecánico en energía eléctrica.

Figura 5. Generación de energía renovable por fuente a nivel global, 1965-2023

Fuente: Elaboración propia basada en Ritchie *et al.* (2024b).

Existen diferentes tipos de centrales hidroeléctricas según su diseño y el tipo de recurso hídrico que utilizan:

- De embalse. Almacenan grandes volúmenes de agua mediante una presa y la liberan de manera controlada para generar electricidad según las necesidades de la red. Resultan de especial eficacia para ajustar la producción eléctrica a la demanda.
- De agua fluyente. No acumulan agua, sino que aprovechan directamente el caudal natural de un río. Su producción depende del flujo disponible en cada momento, por lo que presenta variaciones estacionales.
- Reversibles o de bombeo. Permiten almacenar energía en forma de agua. Durante los periodos de baja demanda eléctrica, se bombea desde un embalse inferior a uno superior. Después, cuando la demanda aumenta, el agua es liberada para generar electricidad, de modo que actúan como un sistema de almacenamiento energético a gran escala.

En el 2023, la energía hidroeléctrica representó el 6,4% del consumo energético mundial. En la UE, esta proporción fue algo menor, con un 5,4%, y en España alcanzó el 4,2%. Por el contrario, su peso es notablemente superior en regiones como América del Sur y Central, donde constituyó el 22,4% del total (Ritchie *et al.* 2024b).

- **Energía solar.** Es la obtenida de manera directa de la radiación emitida por el sol. Su origen se encuentra en los procesos de fusión nuclear que tienen lugar en el núcleo solar, donde los protones de los átomos de hidrógeno,

sometidos a temperaturas y presiones extremadamente altas, se fusionan para formar helio. Esta reacción libera una enorme cantidad de energía que se propaga como radiación electromagnética y llega a la Tierra en ondas de distintas frecuencias y longitudes.

Existen diversas tecnologías que permiten transformar esta radiación en energía aprovechable. Las dos principales formas de utilización son la fotovoltaica, que convierte la luz solar en electricidad mediante células fotovoltaicas contenidas en paneles solares, y la térmica, que capta el calor del sol a través de colectores térmicos, lo acumula y lo concentra para su uso como energía de esta naturaleza en aplicaciones domésticas, industriales o de generación eléctrica.

En el 2023, la energía solar representó el 2,48% del consumo energético mundial. El porcentaje se elevó al 4,10% en la UE y alcanzó el 7,74% en España (Ritchie *et al.* 2024b). Además de estas fuentes de energía renovable principales, existen otras alternativas que, aunque en la actualidad representan una proporción menor del *mix* energético global, son objeto de un creciente interés y desarrollo tecnológico. Entre ellas, destacan la energía geotérmica y la biomasa:

- **Energía geotérmica.** Se obtiene del calor almacenado en el interior de la Tierra. Cuando la lluvia se infiltra en las capas subterráneas, puede acumularse y formar reservorios geotérmicos de agua y vapor a altas temperaturas, producto del contacto con las rocas calientes del subsuelo. Las centrales de este tipo extraen esta mezcla mediante

perforaciones profundas, separan dicho vapor del agua residual y lo dirigen a turbinas que, al girar, generan energía mecánica. Esta, a su vez, se convierte en electricidad mediante un generador.

- **Biomasa.** Es una fuente renovable basada en el aprovechamiento energético de materia orgánica de origen vegetal o animal. Incluye residuos agrícolas, restos forestales, cultivos energéticos y desechos orgánicos urbanos o industriales. La energía contenida en esta biomasa se libera a través de distintos procesos, como la combustión directa, la digestión anaeróbica o la gasificación, y genera calor, electricidad o, incluso, biocombustibles líquidos como el bioetanol o el biodiésel.

b) Fuentes de energía más limpia

También se consideran fuentes de energía alternativas aquellas que, si bien no son de carácter renovable, generan un impacto ambiental significativamente menor que los combustibles fósiles. Estas constituyen opciones intermedias que, aunque no cumplen con los principios de sostenibilidad a largo plazo propios de las anteriores, pueden desempeñar un papel relevante en la transición hacia un sistema energético más limpio, en especial en contextos en los que la implantación inmediata de tecnologías renovables no es viable desde el punto de vista técnico o accesible en términos económicos.

Un ejemplo destacado de ello es la energía nuclear. Aunque su contribución a la producción energética mundial ha disminuido desde su pico en 1985 y en la actualidad representa alrededor del 10% del total (Ritchie y Rosado 2024b), sigue considerándose una alternativa estratégica en la lucha contra el cambio climático. Su principal ventaja reside en la capacidad de generar grandes volúmenes de electricidad de forma constante y sin emisiones directas de GEI durante la operación de las plantas.

No obstante, esta tecnología presenta también desafíos importantes. Entre ellos, la gestión a largo plazo de los residuos radiactivos, los riesgos asociados a posibles accidentes nucleares y los elevados costes tanto de la construcción como del desmantelamiento de las centrales. Pese a estas limitaciones, muchos países continúan apostando por la energía nuclear como parte de una estrategia más amplia para diversificar la matriz energética, reducir la dependencia de los combustibles fósiles y alcanzar los objetivos climáticos establecidos en el marco de los compromisos internacionales.

En lugar de emplear combustibles fósiles para la generación de electricidad, esta fuente se basa en el aprovechamiento de la liberación de la energía contenida en el núcleo de los átomos, a través de dos procesos fundamentales:

- **Fisión nuclear.** Ocurre cuando un núcleo atómico se divide en dos o más de menor tamaño, lo cual libera una gran cantidad de energía en forma de calor y radiación. En las centrales actuales, este calor se utiliza para calentar un fluido refrigerante —en general, agua— que, al convertirse en vapor, acciona una turbina conectada a un generador eléctrico y produce electricidad con bajas emisiones de carbono (Galindo 2022).
- **Fusión nuclear.** Consiste en la unión de dos núcleos atómicos ligeros para formar uno más pesado, proceso que libera aún más energía que la fisión. Desde que se formuló su teoría en la década de 1930, ha generado un enorme interés como fuente de energía limpia, segura, asequible y virtualmente inagotable. Su potencial energético es extraordinario: puede generar hasta cuatro veces más energía por kilogramo de combustible que la fisión y cerca de cuatro millones de veces más energía que la combustión de petróleo o carbón. En esta línea, en el 2020 se inauguró en Francia el International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER), el mayor proyecto internacional de fusión nuclear del mundo. Su objetivo es demostrar la viabilidad científica y técnica de este proceso y sentar las bases para futuras centrales comerciales. Se espera que los primeros experimentos comiencen a mediados de esta década, con pruebas a plena potencia previstas a partir del 2036 (Barbarino 2023).



En suma, existen diversas alternativas tecnológicas que abren el camino hacia un modelo energético más sostenible y menos dependiente de los combustibles fósiles. No obstante, a pesar del crecimiento constante de estas opciones, tal como puede observarse en la **Figura 6**, la generación de electricidad a partir de fuentes fósiles mantiene una posición dominante en la matriz energética mundial. Esta persistente dependencia refleja los desafíos estructurales que aún enfrenta la transición energética global. Hoy en día, la descarbonización del sector energético avanza, pero lo hace a un ritmo aún insuficiente.

c) Objetivo 55 y REPowerEU

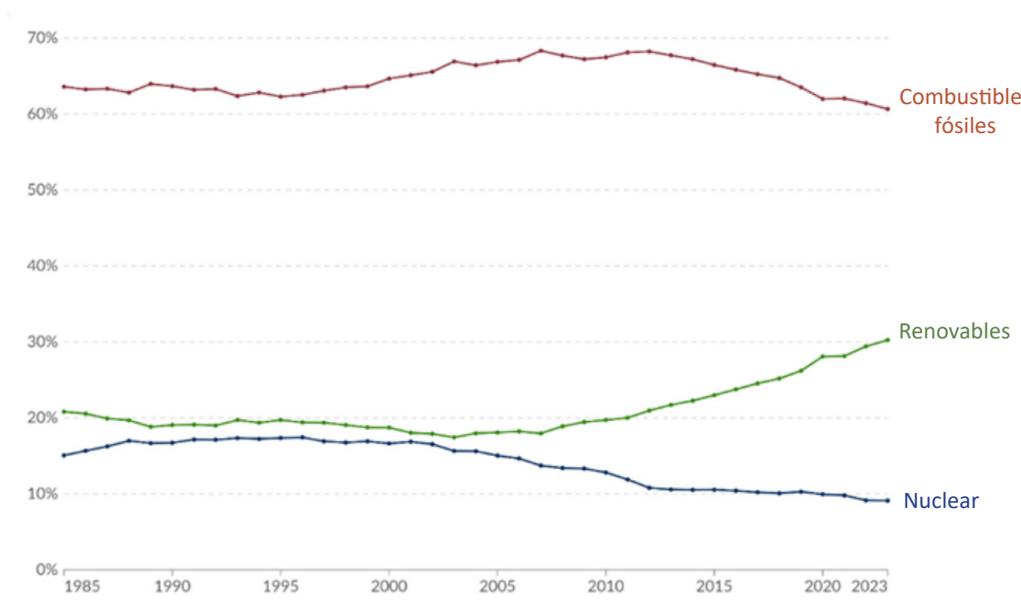
En el plano legislativo, la UE ha reforzado de manera progresiva sus compromisos en materia de energías renovables. La hoja de ruta inicial estuvo marcada por la directiva sobre fuentes de energía renovables del 2018 (Directiva [UE] 2018/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de diciembre del 2018, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables), que fijó un objetivo vinculante de alcanzar una cuota mínima del 32% de estas fuentes en el consumo final bruto de energía de la Unión para el 2030. No obstante, con la aprobación del paquete de medidas Objetivo 55 en julio del 2021, la Comisión Europea propuso una revisión al alza de esta meta, que la elevó al 40%. Más tarde, en el contexto del plan REPowerEU, esta fue de nuevo ampliada hasta alcanzar el umbral actual del 45%.

Además, se han establecido unos objetivos sectoriales específicos que buscan garantizar una transición equilibrada en todos los ámbitos de la economía (Comisión Europea 2023):

- **Construcción.** Se establece una meta indicativa para la cuota de fuentes de energía renovables del 49%. En cuanto a los sistemas de calefacción y refrigeración, los Estados miembros deberán asegurar un aumento del 0,8% anual de esta participación hasta el 2026, seguido de un incremento del 1,1% hasta el 2030.
- **Industria.** Se ha fijado un aumento anual obligatorio del 1,6% en cuanto al uso de energías renovables. Además, se ha establecido un objetivo vinculante para que el hidrógeno renovable represente, al menos, el 42% del consumo total en el ámbito industrial en el 2030 y el 60% en el 2035.
- **Transporte.** Los Estados miembros pueden optar entre dos vías alternativas: reducir en un 14,5% la intensidad de las emisiones de GEI o garantizar que, para el 2030, al menos el 29% del consumo final de energía en este sector provenga de fuentes renovables. De forma adicional, se fija un objetivo combinado del 5,5% para el uso de biocarburantes avanzados y combustibles renovables de origen no biológico, con un mínimo obligatorio del 1% para este último grupo.

Los acuerdos también contemplan medidas para acelerar los procesos de autorización de proyectos relativos a energías renovables. Se introducen plazos más breves y trámites

Figura 6. Porcentaje de la generación de electricidad global a partir de combustibles fósiles, energías renovables y energía nuclear (1985-2023)



Fuente: Elaboración propia basada en Ritchie y Rosado (2024a).

simplificados en áreas identificadas como de alto potencial y bajo impacto ambiental, denominadas *zonas de aceleración de las renovables*. Asimismo, se impulsa la cooperación transfronteriza entre los países comunitarios, con el fin de promover el desarrollo conjunto de infraestructuras sostenibles y proyectos de producción energética a gran escala.

En cuanto a la sostenibilidad de los recursos, se establecen criterios estrictos para el uso de biomasa forestal y se prohíbe su obtención de zonas de alto valor ecológico o con importantes reservas de carbono, con el objetivo de preservar la biodiversidad y los sumideros naturales. Además, los Estados miembros están obligados a definir un objetivo indicativo que garantice que al menos el 5% de la nueva capacidad instalada de energías renovables hasta el 2030 provenga de tecnologías innovadoras.

1.2.2. Mejora de la eficiencia energética

La Directiva (UE) 2023/1791³ define la eficiencia energética como “la relación entre la producción de un rendimiento, servicio, bien o energía, y el gasto de energía necesario para lograrlo”. Este concepto se suele expresar como un porcentaje, que oscila entre el 0% y el 100% y refleja cuánta energía útil se obtiene en comparación con la consumida. Por ejemplo, si un motor eléctrico convierte el 80% de la electricidad que utiliza en energía mecánica, tiene una eficiencia energética del 80%.

Aunque su aplicación más habitual se vincula al rendimiento energético en sentido estricto, este concepto puede extenderse también a otros ámbitos, como la producción de bienes o la prestación de servicios, de manera que se evalúe la cantidad de energía empleada en relación con los resultados obtenidos (Parlamento Europeo 2015).

En la actualidad, mejorar la eficiencia energética constituye una prioridad estratégica en la lucha contra el cambio climático. La finalidad principal de esta es reducir la cantidad de energía necesaria para ofrecer bienes y servicios sin sacrificar su calidad, su funcionalidad ni su confort. En otras palabras, se busca alcanzar –o, incluso, superar– los mismos resultados con un menor consumo energético.

Optimizar este parámetro permite disminuir la demanda de energía vinculada a actividades cotidianas, comerciales e industriales. Como consecuencia de ello, se reduce también la necesidad de su generación, lo cual resulta particularmente significativo si se considera que gran parte de esta sigue

produciéndose a partir de combustibles fósiles, con impactos ambientales muy graves: emisiones de GEI y contaminación del aire, del agua y del suelo, entre otros. Tal como se ha visto en el apartado anterior, el consumo de energía se mantiene como una de las principales causas del cambio climático, ya que se le asocian alrededor del 75% de las emisiones mundiales de los referidos gases (Ge *et al.* 2024).

La mejora de la eficiencia permite disminuir la necesidad de generación energética, lo cual resulta particularmente significativo a nivel medioambiental si se considera que gran parte de esta se produce a partir de combustibles fósiles.

Las estrategias orientadas a mejorar la eficiencia energética se articulan en torno a dos ejes fundamentales: por un lado, la revisión, modernización y optimización de los procesos existentes para reducir su consumo de energía; por otro, el diseño de nuevos productos, infraestructuras y servicios que integren criterios de eficiencia desde su concepción, con el objetivo de minimizar el uso de recursos a lo largo de todo su ciclo de vida.

La revisión de los procesos existentes implica un análisis crítico y sistemático de todas las operaciones que consumen energía dentro de una organización, industria o sistema. Esta tiene como objetivo identificar ineficiencias, pérdidas energéticas y oportunidades de mejora. Se trata de observar qué tecnologías, prácticas o comportamientos están generando un uso excesivo o innecesario de recursos energéticos. Para ello, se recurre a herramientas como las auditorías energéticas, el monitoreo en tiempo real y el análisis de datos históricos, que permiten establecer líneas base de consumo y detectar puntos críticos. A partir de la información obtenida, se pueden implementar las medidas correctivas pertinentes.

En este contexto, han cobrado especial relevancia los sistemas de gestión de energía (Energy Management System, conocidos como *EMS*), los cuales se han consolidado como una herramienta esencial para supervisar, controlar y optimizar el uso de la energía en entornos industriales, comerciales o residenciales. Estos integran *hardware* y *software*

³ Directiva (UE) 2023/1791 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de septiembre del 2023, relativa a la eficiencia energética y por la que se modifica el Reglamento (UE) 2023/955, Diario Oficial de la Unión Europea L 231 de 20 de septiembre del 2023, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/es/ALL/?uri=CELEX:32023L1791>

avanzados para recopilar datos precisos sobre el uso de esta, analizarlos de manera continua y tomar decisiones estratégicas orientadas a mejorar el rendimiento energético. Los EMS permiten identificar áreas críticas de desperdicio energético, implementar medidas correctivas y establecer indicadores de desempeño.

La segunda línea de actuación aludida se centra en el diseño eficiente desde el origen, es decir, en la planificación consciente y estratégica de los productos, los procesos y las infraestructuras de modo que optimicen su desempeño energético a lo largo de todo el ciclo de vida.



Este enfoque comienza por reducir la demanda energética en la fase de fabricación, mediante la priorización de materiales y procesos de menor impacto energético en su transporte y su manipulación. Se impulsa, además, la creación de bienes más duraderos y con diseños que faciliten su reutilización y su reciclaje, con lo cual se reduce la necesidad de nuevos ciclos productivos. Por ejemplo, el uso de estructuras modulares permite reemplazar componentes individuales sin desechar el producto completo y, por tanto, disminuye la exigencia de nuevas manufacturas.

Asimismo, se busca minimizar el consumo durante la fase de utilización por medio de la selección de materiales con elevado rendimiento térmico, ligeros y duraderos, así como mediante

un diseño estructural optimizado que reduzca la fricción, mejore la aerodinámica o disminuya el peso del producto, factores que inciden de forma directa en el consumo de energía.

A todo ello se suma la integración de fuentes renovables y tecnologías de bajo consumo, como la iluminación LED, los motores de alta eficiencia o los sistemas inteligentes de gestión energética, que permiten reducir la huella en dicho ámbito durante esta fase.

No obstante, la transición hacia una mayor eficiencia energética no se limita a la mejora tecnológica. Supone también un cambio cultural profundo. En un contexto en el que el crecimiento económico sigue vinculado al aumento del consumo de energía, aquella emerge como una estrategia que cuestiona las lógicas tradicionales de producción y consumo. La idea de hacer más con menos no solo exige transformaciones en la industria, sino también un compromiso activo por parte del consumidor final, quien debe adoptar hábitos conscientes y responsables en lo que se refiere al uso de la energía.

En octubre del 2023, la UE adoptó la citada Directiva (UE) 2023/1791 sobre eficiencia energética, en la cual se fijaron nuevos objetivos vinculantes para reducir el consumo de energía primaria y final en un 11,7% de aquí al 2030 en comparación con las proyecciones formuladas en el 2020. Mientras que los anteriores establecían un límite de 864 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) para el consumo final de energía y de 1.124 Mtep para el de energía primaria, la nueva normativa rebaja estos umbrales a 763 Mtep y 992,5 Mtep, respectivamente. En relación con los niveles del 2005, esto representa una disminución del 25% en el primer caso y del 34% en el segundo.

Para contribuir al cumplimiento de estos objetivos, la normativa obliga a los Estados miembros a lograr un ahorro acumulado en el uso final de energía del 1,5% anual durante el periodo 2026-2027 y del 1,9% anual entre el 2028 y el 2030. Con el fin de alcanzar estos niveles, los países deben establecer sistemas de obligaciones de eficiencia energética que promuevan el uso racional de la energía entre los actores clave del sistema energético: proveedores, distribuidores y comercializadores, así como empresas dedicadas al suministro de combustibles para el transporte.

Las medidas establecidas en la Directiva se articulan en torno a tres grandes ejes estratégicos: la mejora de la eficiencia energética en los edificios, el fomento de la cogeneración de calor y electricidad, y la optimización del rendimiento energético de los productos.

Asimismo, se otorga al sector público un papel ejemplarizante, al exigir que los organismos públicos reduzcan su consumo total de energía final en, al menos, un 1,9% anual respecto a los niveles registrados en el 2021.

Entre las novedades relevantes, la norma introduce también obligaciones específicas de reporte para los centros de datos y promueve la creación de ventanillas únicas destinadas a facilitar el acceso a recursos y servicios de asesoramiento técnico, en especial dirigidos a pequeñas y medianas empresas, hogares y Administraciones públicas.

Además, se incorpora por primera vez una definición común de pobreza energética a escala europea y se contemplan medidas concretas para combatirla, con el objetivo de reforzar la protección de los consumidores más vulnerables y garantizar una transición energética justa e inclusiva.

Tal como se ha podido observar, las distintas estrategias desarrolladas por la UE en lo referente a la energía han dejado de enfocarse de modo exclusivo en el propio sector energético y apuntan de forma concreta a otros ámbitos clave. Entre ellos, el de la construcción y los edificios ocupa un lugar destacado, en reconocimiento a su impacto significativo tanto en los patrones de consumo energético como en las emisiones de GEI. A escala mundial, las edificaciones son responsables de, aproximadamente, el 30% del consumo final de energía –una proporción que se eleva al 40% en el caso de la UE– y de alrededor del 26% de las referidas emisiones relacionadas con la energía (IEA 2023a).

Por estas razones, según se analizará a continuación, el sector de la edificación se configura como un ámbito estratégico prioritario para la implementación de medidas orientadas a la eficiencia energética y la descarbonización.

A escala mundial, las edificaciones son responsables de, aproximadamente, el 30% del consumo final de energía y de alrededor del 26% de las emisiones vinculadas a ella.

2. El rol del sector de la edificación

Los edificios constituyen una parte esencial de nuestra vida cotidiana. Pasamos gran parte de nuestro tiempo dentro de ellos, ya sea en el hogar, en el lugar de trabajo o disfrutando de actividades recreativas en locales de ocio. Esta presencia constante en espacios construidos los convierte en elementos fundamentales de nuestra rutina y bienestar. Sin embargo, más allá de su papel en el ámbito personal y social, desempeñan también un rol crítico en el contexto ambiental y energético.

El parque inmobiliario –que abarca viviendas, oficinas, escuelas, hospitales, bibliotecas y otros edificios públicos– representa el mayor consumidor de energía del planeta a lo largo de todas las etapas de su ciclo de vida: desde la construcción inicial hasta la renovación o demolición final. Esto lo sitúa en el centro de los desafíos contemporáneos relacionados con la sostenibilidad, la eficiencia energética y la lucha contra el cambio climático.

No obstante, este consumo energético no se manifiesta de manera uniforme, sino que tiene lugar de formas muy diversas a lo largo de las distintas fases de la existencia de los edificios, cada una con particularidades y dinámicas propias. Desde la fabricación de materiales y la fase constructiva hasta el uso diario, las labores de mantenimiento, la rehabilitación y la demolición final, cada etapa implica demandas de energía distintas en términos de intensidad, duración y tipo de recursos utilizados.

2.1. Ciclo de vida energético de los edificios

El análisis del ciclo de vida energético de un edificio implica una evaluación de toda la energía empleada y consumida a lo largo de todas las etapas de su existencia. Este enfoque tiene en cuenta la extracción y la transformación de las materias primas utilizadas en su construcción, así como su transporte, la ejecución de la obra, el uso cotidiano de aquel, las tareas de mantenimiento y rehabilitación necesarias y, por último, la fase correspondiente a su desmantelamiento, demolición o reciclaje.

2.1.1. Construcción

Durante la etapa de construcción, los edificios requieren un volumen considerable de energía, sobre todo para la fabricación de materiales como el cemento, el acero o el vidrio, cuya producción implica procesos industriales con una elevada demanda energética.

- Acero.** La producción de este material implica la extracción de mineral de hierro y su transformación mediante procesos en altos hornos y tratamientos térmicos, los cuales requieren un consumo energético muy elevado, en general procedente del carbón o de electricidad generada a partir de fuentes térmicas. Para dimensionar su demanda energética, se estima que la energía representa entre el 60% y el 80% del coste total de producción (ABB 2022). Además de esta elevada exigencia energética, los procesos siderúrgicos presentan importantes ineficiencias. Por ejemplo, en los sistemas de calentamiento por combustión –como los altos hornos y otros tipos de hornos–, que concentran alrededor del 81% del consumo total de energía del proceso, se calcula que hasta un 23% de la que ingresa en la planta se pierde debido a deficiencias en los equipos y en los sistemas de distribución térmica (ABB 2022). A nivel global, la industria del acero representa en torno al 8% del consumo final de energía, por lo que se constituye como uno de los sectores más intensivos en cuanto a este recurso. Su actividad ha experimentado un notable aumento en las últimas dos décadas, durante las cuales la producción mundial de este material se ha duplicado, lo cual ha provocado también una duplicación de las emisiones de GEI asociadas a aquella. Además, según las proyecciones actuales, se estima que la demanda de acero seguirá incrementándose hasta alcanzar en el 2050 un 40% adicional respecto a los niveles actuales (ABB 2022).
- Cemento.** Su producción requiere la extracción y posterior calcinación de piedra caliza a temperaturas que superan los 1.400 grados, un procedimiento que exige un elevado consumo de combustibles fósiles. Ello convierte al sector cementero en el tercer mayor consumidor de energía industrial en el mundo, con, aproximadamente, el 7% del total. A raíz del incremento de la población mundial, el avance de los procesos de urbanización y la creciente demanda de infraestructuras, la producción global

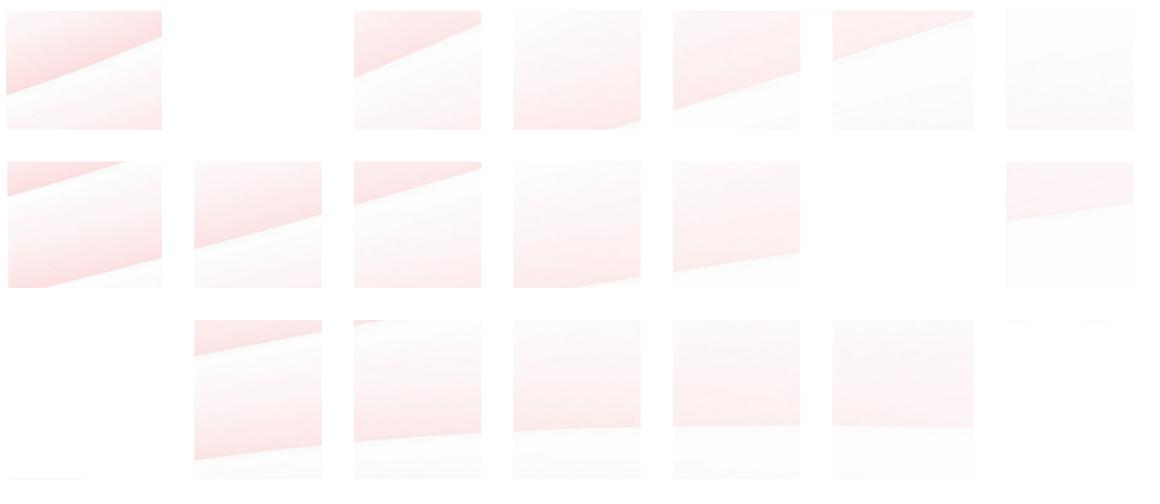
de cemento ha aumentado de forma notable en los últimos años y se estima que, en comparación con los niveles registrados en el 2014, para el 2050 podría incrementarse entre un 12% y un 23% (IEA 2018).

- Vidrio.** Su fabricación implica la fusión de arena de sílice junto con otros compuestos, en un proceso que exige alcanzar temperaturas extremadamente elevadas durante un tiempo prolongado. Esta operación requiere un aporte continuo e importante de energía, tanto térmica como eléctrica, lo cual lo convierte en un material con una importante huella energética.

A este elevado consumo energético para la fabricación de los materiales se suma el gasto adicional vinculado a su transporte hasta el emplazamiento de la obra. Se trata de un proceso que implica el uso de vehículos pesados y el recorrido de largas distancias, lo cual incrementa tanto el consumo de combustibles fósiles como las emisiones a él asociadas. Además, la ejecución de las distintas tareas constructivas también conlleva un uso intensivo de energía, debido al funcionamiento de maquinaria especializada, herramientas eléctricas, sistemas de elevación y otros equipos necesarios para el desarrollo de la obra.

2.1.2. Fase operativa

La fase operativa de un edificio corresponde al periodo en el que la construcción ha sido finalizada y este entra en funcionamiento, y se extiende hasta que deja de utilizarse de forma permanente. Es durante esta etapa cuando el inmueble desarrolla de manera plena las funciones para las que fue concebido, ya sea como espacio residencial, de oficinas, comercial, educativo u otros usos específicos. A lo largo de este periodo, se produce el mayor consumo energético de su ciclo de vida, derivado de procesos y actividades cotidianos como la climatización, la iluminación, el uso de equipos y su mantenimiento, etc.



A continuación se examina con mayor detalle lo referente a la climatización y a los sistemas de agua caliente sanitaria:

- **Climatización (calefacción y aire acondicionado).** La necesidad de mantener temperaturas confortables en el interior de los edificios durante todo el año constituye uno de los principales factores responsables del elevado consumo energético en el sector. Esta exigencia, motivada por razones de salud, bienestar y habitabilidad, implica un uso intensivo de sistemas de climatización, cuya demanda varía según las condiciones climáticas predominantes en cada región. En zonas frías, la calefacción resulta indispensable para garantizar entornos habitables, mientras que en regiones cálidas o en los meses de verano, el uso del aire acondicionado se vuelve prácticamente imprescindible para mantener niveles adecuados de confort térmico. Además, esta demanda energética se ve aún más acentuada cuando los inmuebles carecen de un aislamiento térmico adecuado o no disponen de sistemas de climatización eficientes, lo que obliga a un mayor consumo para alcanzar y mantener las temperaturas deseadas.

En particular, la refrigeración es la actividad que requiere mayor cantidad de energía. El aumento de las temperaturas en todo el planeta, junto con la frecuencia y magnitud crecientes de las olas de calor, ha intensificado el uso de sistemas de climatización, tanto en viviendas como en entornos laborales y espacios públicos. En las últimas dos décadas, el consumo mundial de electricidad para aire acondicionado ha crecido en un 123,6% (Our World in Data 2024).

En este sentido, las proyecciones advierten que, en caso de mantenerse la tendencia actual, el número de equipos instalados en edificios para esta finalidad pasará de los 1.600 millones actuales a 5.600 millones en el 2050, lo que equivaldría a la venta de 10 nuevos aparatos por segundo durante las próximas 3 décadas (IEA 2018).

- **Sistemas de agua caliente sanitaria (ACS).** Se trata de la agua potable que ha sido calentada para su uso en actividades domésticas, higiénicas o industriales con el fin de garantizar condiciones adecuadas de limpieza, desinfección y confort. Sus aplicaciones más comunes incluyen tareas de limpieza –como fregaderos, lavavajillas y lavadoras–, así como el aseo personal, sobre todo en baños y duchas.

El proceso de calentamiento representa una fracción significativa del consumo energético en muchos edificios. En el 2022, en el ámbito residencial de la UE, la proporción de energía utilizada para calentar agua representó el 14,9% del total consumido en edificios (Eurostat 2025). En instalaciones con una demanda constante y elevada como hospitales, gimnasios, hoteles o centros deportivos, el porcentaje puede ser aún mayor, debido a la utilización intensiva y continua de este recurso.

Asimismo, existen otras actividades que, aunque contribuyen en menor medida al consumo energético total de los inmuebles, no dejan de tener un impacto significativo, en especial cuando se analizan en conjunto o en contextos de uso intensivo. La iluminación artificial, por ejemplo, representa una parte considerable de dicho consumo, en particular en edificios que requieren un funcionamiento prolongado y continuo, como oficinas, centros comerciales o instituciones educativas, donde la luz natural no siempre es suficiente para garantizar condiciones óptimas de trabajo o atención al público. A ello se suma la utilización constante de electrodomésticos en los hogares, como refrigeradores, lavadoras, cocinas eléctricas o microondas, que operan con regularidad y forman parte de la rutina diaria. Además, en un contexto cada vez más digitalizado, el funcionamiento ininterrumpido de equipos informáticos y dispositivos tecnológicos, muchos de los cuales permanecen conectados o en modo de espera, incrementa el consumo energético incluso cuando no se encuentran en uso activo.

2.1.3. Rehabilitación y demolición

Las fases de rehabilitación y demolición constituyen las etapas finales dentro del ciclo de vida de un edificio y tienen lugar una vez concluida su fase operativa o cuando surgen necesidades específicas que exigen la intervención. Estas actuaciones pueden deberse al deterioro progresivo de la edificación, a la necesidad de adaptar el inmueble a un nuevo uso, al cumplimiento de nuevas normativas técnicas o medioambientales o a factores de tipo económico que hacen inviable su mantenimiento en las condiciones originales.

Estas etapas también representan periodos de elevada demanda energética, motivada por una serie de procesos que requieren recursos significativos. En primer lugar, el uso continuo de maquinaria pesada para llevar a cabo demoliciones o intervenciones estructurales sobre edificios existentes supone un consumo considerable de electricidad o combustibles, debido a la potencia y el tiempo de operación necesarios. A esto se suma la gestión de los residuos generados, que incluye actividades como el transporte de escombros, su clasificación, su tratamiento y, en muchos casos, su reciclaje, lo cual implica un uso adicional de energía, en especial cuando se aplican criterios de sostenibilidad para reducir el impacto ambiental.

Por otro lado, las tareas de rehabilitación requieren la incorporación de nuevos materiales y la ejecución de adaptaciones técnicas específicas, lo que prolonga el uso de herramientas y equipos de alto consumo energético. Finalmente, la fabricación de los materiales empleados en esas labores

—como el cemento, el acero o el vidrio— también conlleva un gasto energético indirecto importante, lo cual consolida esta fase como otro periodo crítico en la existencia de los inmuebles desde el punto de vista ambiental y energético.

En definitiva, al observar con detenimiento las distintas etapas del ciclo de vida energético de los edificios, se pone de manifiesto que se trata de un sector con una fuerte dependencia de los recursos energéticos, con una demanda constante y sostenida en el tiempo. Esta característica lo convierte en un importante consumidor de energía, cuyos principales impactos medioambientales provienen no solo de sus propias actividades de forma directa, sino también de los procesos asociados a la producción de la energía que estas requieren. Por tanto, aunque dichos impactos suelen atribuirse a la industria energética, resulta fundamental —según se examinará a continuación— reconocer la responsabilidad del sector de la edificación en la generación de estos efectos indirectos.

2.2. Impacto global del sector en las emisiones de CO₂

Al analizar los impactos medioambientales de una actividad productiva, es habitual que se pase por alto una dimensión clave del análisis: la utilización final de los productos, servicios o recursos, así como el sector que, en última instancia, los consume o incorpora a su funcionamiento. Esta omisión puede limitar la comprensión real de las dinámicas de producción y consumo, ya que no se reconoce de manera plena el papel que desempeña la demanda en la configuración de los procesos productivos.

Cuanto más elevada es la exigencia de consumo por parte del sector final, mayor es también su responsabilidad en la promoción, el sostenimiento y la intensificación de actividades productivas que, en muchos casos, resultan insostenibles en términos sociales y ambientales. Ignorar esta relación causa-efecto entre demanda y producción impide identificar con claridad los verdaderos motores del impacto ambiental, lo cual dificulta la implementación de medidas efectivas para reducirlo.

Si trasladamos esta cuestión al ámbito de la edificación, una mirada centrada solo en los impactos directos derivados de sus propias operaciones podría llevarnos a considerarlo un sector con unos efectos ambientales concentrados sobre todo en la fase de construcción, en la cual se generan los principales consumos y emisiones directas. Sin embargo, al incorporar al análisis la responsabilidad en relación con la producción energética destinada a satisfacer su demanda,

la perspectiva se transforma de manera significativa. Según datos del 2019, de las emisiones totales de GEI atribuibles al sector de la edificación, solo el 24% correspondió a emisiones directas, mientras que el 76% restante fueron indirectas, de las cuales un 57% procedían de la generación de electricidad y calor utilizados en sus actividades (IPCC 2023).



Por ejemplo, en lo que se refiere a la producción de materiales para la construcción, en el caso del cemento, las emisiones indirectas de la producción de electricidad y calor, junto con los combustibles comprados y utilizados, representan entre el 40% y el 50% del total (Khaiyum *et al.* 2023); en cuanto al vidrio, las emisiones relacionadas con la energía suponen, al menos, el 75% para todos los tipos de este material, y llegan casi al 95% para los de naturaleza especial (Miserocchi *et al.* 2024).

Lo mismo sucede con las emisiones de la fase operativa. De acuerdo con la International Energy Agency (IEA 2023a), el funcionamiento de los edificios representa el 30% del consumo final mundial de energía y el 26% de las emisiones globales relacionadas con esta, de las cuales el 8% son de carácter directo en los edificios y el 18% de naturaleza indirecta, provenientes de la producción de la electricidad y el calor utilizados en ellos. Según datos de la EPA (2023), en el año 2022 en los Estados Unidos, el 43% de las emisiones procedentes de los inmuebles eran directas, derivadas de la quema de combustibles fósiles en el lugar, como la calefacción y la cocina, mientras que el 57% estaban asociadas al uso de energía eléctrica.

No obstante, tal como se ha visto al examinar las principales políticas de la UE, en el ámbito energético se está consolidando un enfoque integral que reconoce la necesidad de actuar en esta doble dirección: la insostenibilidad del sector no reside de modo exclusivo en cómo se produce la energía, sino también en los motivos que impulsan su producción y en la magnitud del consumo que se busca satisfacer. Así, las estrategias dirigidas a reducir los impactos del sector energético no se limitan a la transformación de los procesos productivos —mediante la descarbonización y la incorporación de fuentes renovables—; incluyen también medidas orientadas a disminuir la demanda de este recurso.

Por este motivo, en el marco de las políticas actuales de sostenibilidad, el sector de la edificación se ha consolidado como un ámbito de actuación prioritario. Su papel central como uno de los mayores consumidores de energía a nivel global —responsable de, aproximadamente, el 30% del consumo final mundial (IEA 2023a)— lo posiciona también como un factor determinante en la intensificación y la perpetuación de procesos insostenibles.

Tal como se abordará a continuación, en el contexto actual de la UE se han definido estrategias específicas orientadas a abordar de manera integral la cuestión energética en el sector de la edificación, prestando atención a todas las fases que conforman el ciclo energético de los edificios —el diseño y la construcción inicial, la etapa operativa y, por último, las de rehabilitación y demolición—, con el objetivo de optimizar el rendimiento energético en cada una de ellas.

2.3. Marco regulador de la UE

El marco regulador de la UE en materia de sostenibilidad energética y edificación se compone de un conjunto de directivas, reglamentos y estrategias que establecen las bases para transformar el sector de la construcción en línea con los objetivos climáticos. Algunos de sus principales ejes son la mejora de la eficiencia energética, la descarbonización progresiva del parque edificatorio, la integración de energías renovables y la adopción de principios de economía circular en todo el ciclo de vida de los edificios.

Entre las normativas de mayor relevancia en el ámbito de la energía aplicada al sector de la edificación, destacan dos instrumentos clave que, en fechas recientes, han actualizado la regulación europea sobre esta materia. Por un lado, el Reglamento (UE) 2024/3110 ya citado en la sección introductoria, establece directrices específicas para la fase de construcción y se centra en la sostenibilidad de los productos, la eficiencia

de los procesos y la reducción del impacto ambiental a lo largo del ciclo de vida de los materiales. Por otro lado, para la fase operativa de los edificios y su renovación, cobra especial importancia la Directiva (UE) 2024/1275, también mencionada, que orienta sus medidas a la mejora de la eficiencia energética durante la vida útil del edificio, para lo cual establece toda una serie de objetivos obligatorios.

2.3.1. Respeto a la fase de construcción (Reglamento [UE] 2024/3110)

En lo que respecta a la etapa de construcción, gracias a la promulgación del Reglamento (UE) 2024/3110, se ha producido una actualización de la normativa aplicable a los materiales constructivos, con el objetivo de establecer un nuevo marco armonizado que regule su comercialización en el ámbito de la UE. Esta revisión normativa busca garantizar una mayor coherencia entre los requisitos técnicos y los ambientales exigidos a los productos utilizados en el sector. Las revisiones introducidas no solo refuerzan la transparencia y la trazabilidad de estos insumos en el mercado europeo, sino que también facilitan la comparabilidad entre ellos y contribuye a elevar los estándares de calidad, seguridad y eficiencia energética en la construcción y la rehabilitación del parque edificatorio.

A grandes rasgos, las principales medidas adoptadas son las siguientes:

- **Establecimiento del pasaporte digital de producto (DPP).** Se trata de una herramienta digital que contiene las especificaciones técnicas, los componentes, los procesos de fabricación y los datos ambientales del producto a lo largo de su ciclo de vida. Este sistema tiene como objetivo principal mejorar la transparencia, la trazabilidad y el cumplimiento normativo dentro del mercado de la UE y permite a fabricantes, distribuidores, consumidores y autoridades acceder con facilidad a información relevante sobre el desempeño ambiental y las características de aquel. Al centralizar y estandarizar estos datos, el DPP contribuye a apoyar decisiones de compra más sostenibles.
- **Marcado CE mejorado.** Este marcado indica que un producto cumple con las normas y regulaciones de la Unión Europea. Con la nueva normativa, ha evolucionado para incorporar los aspectos relacionados con el rendimiento técnico de los productos y criterios vinculados a su impacto ambiental. Esta versión mejorada busca garantizar que los materiales comercializados en el mercado europeo cumplan con un conjunto de requisitos más amplios, que integran tanto la seguridad como la sostenibilidad durante su vida útil. De este modo, el nuevo enfoque del

mercado CE no solo verifica la conformidad con las normas técnicas, sino que también promueve la adopción de prácticas responsables en el diseño, la fabricación y el uso de aquellos.

- **Estándares de reporte ambiental.** Se establece para los fabricantes la obligación de informar sobre una serie de indicadores ambientales clave, con el objetivo de reforzar la transparencia y el compromiso con la sostenibilidad en el sector de la construcción. En una primera fase, se exige el reporte específico de datos relacionados con el impacto climático, incluidas las emisiones de CO₂ y el consumo energético asociado a los productos constructivos considerados prioritarios. Dichos indicadores permiten evaluar el desempeño ambiental de estos desde su producción hasta su uso final. Además, el marco regulatorio prevé la incorporación progresiva de nuevos parámetros en los próximos años, con lo cual se ampliará el alcance del reporte ambiental y se fomentará una evaluación más completa del ciclo de vida de los materiales.

2.3.2. Respecto a las fases operativa y de rehabilitación y demolición (Directiva [UE] 2024/1275)

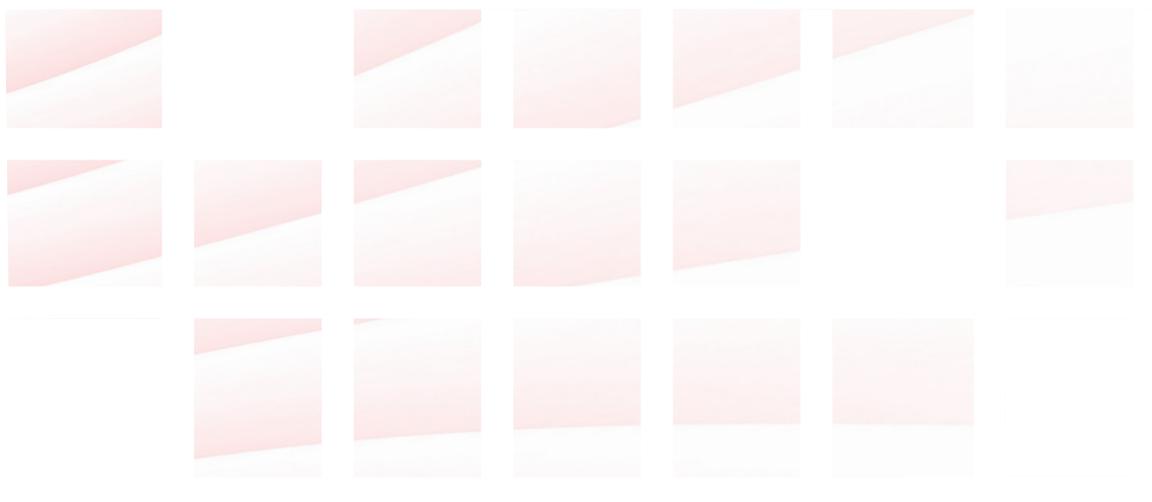
En lo referente a las fases operativa y de renovación, en la UE se define una doble vía de acción basada tanto en la mejora de la eficiencia energética de los edificios como en la incorporación de energías limpias en estos. En cuanto a la primera cuestión, la referida mejora supone la reducción de la demanda energética de los inmuebles, lo cual representa un elemento esencial para avanzar hacia un modelo más sostenible en la medida en que contribuye de manera directa a disminuir la necesidad de producción de energía y, con ello, a mitigar los impactos ambientales derivados de dichos procesos. En cuanto a la segunda vía, la adaptación progresiva de los edificios a las fuentes de energía renovables

conlleva una minoración en la demanda de las de origen fósil, lo que se traduce, a su vez, en una reducción de los procesos productivos vinculados a estas fuentes contaminantes.

Esta doble línea de acción se percibe de forma muy clara en la principal normativa reguladora de esta cuestión en el contexto de la UE, la Directiva (UE) 2024/1275. Según menciona la propia norma, esta aparece como respuesta al hecho de que, en el contexto particular de la Unión, el 75% de los edificios existentes todavía no son eficientes desde el punto de vista energético. A pesar de ello, se estima que entre el 85% y el 95% de estas construcciones seguirán en uso en el 2050. En este contexto, aunque se están llevando a cabo procesos de renovación energética, el ritmo actual –apenas un 1% anual– resulta, sin duda, insuficiente. De mantenerse esta tendencia, la descarbonización del parque edificatorio europeo se prolongaría durante siglos.

Por esta razón, la Directiva 2024/1275 surge con el objetivo de promover e impulsar la renovación de los edificios con vistas a una utilización eficiente de la energía, a partir de las siguientes líneas de acción:

- **Herramientas comunes y apoyo a la implementación.** Con el objetivo de garantizar una aplicación coherente y eficaz de las nuevas obligaciones en materia de eficiencia energética, se establece la adopción de una metodología común para el cálculo del rendimiento energético de los edificios y del potencial de calentamiento global (PCG) asociado, en especial en construcciones de nueva planta. Esta armonización técnica permitirá una evaluación comparable y transparente en toda la UE y facilitará la toma de decisiones tanto a nivel normativo como en el ámbito del diseño y la construcción. De modo paralelo, se refuerzan instrumentos clave para apoyar la implementación de estas medidas, como los certificados energéticos normalizados, que ofre-



cen información clara sobre el comportamiento energético de los inmuebles. Asimismo, se promueve la creación de ventanillas únicas de asesoramiento técnico y administrativo y se impulsa el acceso a mecanismos de financiación específicos –como las hipotecas verdes– que incentivan y facilitan la rehabilitación energética del parque edificado, con lo cual se contribuye a una transición inclusiva, estructurada y sostenible.

- **Impulso a la energía solar y eliminación de calderas alimentadas por combustibles fósiles.** Se establece la obligatoriedad progresiva de incorporar sistemas de energía solar en edificios tanto nuevos como existentes. Esta exigencia se aplicará en función del tipo, el tamaño y el uso del inmueble, con plazos escalonados que comienzan en el 2026 y se extienden hasta el 2030, lo cual permitirá una implementación gradual y adaptada a cada caso. En paralelo, se introduce una medida clave para desincentivar el uso de tecnologías contaminantes: a partir del 2025, quedará prohibido otorgar incentivos públicos para la instalación de nuevas calderas alimentadas por combustibles fósiles.
- **Objetivo de edificios de cero emisiones.** A partir del 2030, todos los edificios de nueva construcción en la UE deberán cumplir con el estándar de cero emisiones, lo que implica no solo una demanda energética extremadamente baja, sino también la eliminación total del uso de combustibles fósiles para su funcionamiento. Este requisito supone un cambio estructural en la forma en la que se conciben, diseñan y operan los inmuebles, al priorizar la eficiencia energética, el aprovechamiento de las fuentes renovables y la descarbonización total del consumo de energía. Por su parte, las construcciones existentes deberán someterse a un proceso de adaptación progresiva que les permita alcanzar estos mismos niveles de exigencia antes del 2050.
- **Requisitos mínimos y progresivos de eficiencia energética.** Con el fin de reducir de manera sostenida el consumo energético del parque edificatorio, se han establecido objetivos obligatorios que marcan una trayectoria clara de mejora en eficiencia. En concreto, se exige una reducción mínima del 16% para el 2030 y entre un 20% y un 22% para el 2035, en comparación con los niveles registrados en el 2020. Para alcanzar estas metas, se implementan un conjunto de herramientas complementarias que facilitan y orientan el proceso de transformación del sector. Entre ellas, se incluyen la introducción de pasaportes de renovación energética, que ofrecen una hoja de ruta personalizada para la mejora progresiva de los edificios; la realización de inspecciones periódicas para verificar el rendimiento energético; y la elaboración de planes nacionales que coordinen las acciones a nivel estatal, regional y local.

Ante el enorme reto que supone transformar un sector como el de la edificación, mayoritariamente ineficiente, en uno alineado con los objetivos climáticos de la UE, resulta imprescindible avanzar hacia la adopción de medidas concretas que faciliten este proceso de renovación. En este sentido, el Reglamento (UE) 2024/3110 y la Directiva (UE) 2024/1275 representan sendos hitos normativos en esta dirección, al establecer una línea clara para los Estados miembros.

No obstante, si bien el marco legal subraya la importancia de incorporar soluciones constructivas innovadoras y sostenibles que aseguren la eficiencia energética y la reducción de las emisiones, no determina de forma precisa qué estrategias o tecnologías deben emplearse para alcanzar dichos objetivos. En este contexto, las certificaciones más reconocidas en el ámbito de la edificación sostenible pueden actuar como herramientas de apoyo y ofrecer directrices prácticas y criterios verificables que orienten el cumplimiento de los estándares establecidos por las nuevas normativas europeas. A continuación, se presentan algunas de las más relevantes.

Las certificaciones pueden actuar como herramientas de apoyo y ofrecer directrices prácticas y criterios verificables que orienten el cumplimiento de los estándares establecidos por las nuevas normativas europeas.

2.4. Principales certificaciones

En un contexto como el del sector de la edificación, en el que la sostenibilidad y la eficiencia aún se encuentran en una etapa incipiente de desarrollo e implementación, las certificaciones ambientales se convierten en herramientas de gran valor para traducir los referidos principios en prácticas concretas, aplicables y verificables. Estas permiten transformar ideas abstractas sobre sostenibilidad en criterios claros, procedimientos estructurados y estándares medibles que guían tanto el diseño como la ejecución y operación de los edificios.

La mayoría de las certificaciones cubren aspectos generales relativos a la sostenibilidad, en los que la eficiencia energética es una de las muchas variables que se contemplan. Entre las más consolidadas destacan:

- **BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method).** Es un método de evaluación y certificación desarrollado en el Reino Unido y extensamente reconocido en todo el mundo. Analiza el impacto ambiental de los edificios a lo largo de todo su ciclo de vida, desde las fases de diseño y construcción hasta la operación, el mantenimiento y la rehabilitación. En este sentido, sus criterios de evaluación se ajustan a cada etapa del proceso edificatorio, lo cual permite una valoración precisa y contextualizada de la sostenibilidad del inmueble. Además, el sistema es aplicable tanto a desarrollos urbanísticos como a nuevos edificios de cualquier tipología, así como también a edificaciones existentes en uso; para ello, adapta sus parámetros a las características específicas del edificio y a su uso funcional.

Desde el 2009, BREEAM ha incorporado la figura de los National Scheme Operators (NSO), entidades encargadas de adaptar la metodología al idioma, los marcos normativos y las prácticas constructivas propias de cada país, con el objetivo de garantizar la eficacia y la coherencia del sistema en los distintos contextos locales.

- **LEED (Leadership in Energy and Environmental Design).** Se trata de un sistema de certificación reconocido ampliamente a nivel internacional, desarrollado por el Consejo de Edificación Ecológica de Estados Unidos (USGBC), una organización sin ánimo de lucro. Evalúa y califica las edificaciones en función de una serie de criterios ambientales que abarcan todo el ciclo de vida del inmueble: desde el diseño y la construcción hasta la operación, el mantenimiento y la rehabilitación de edificios, viviendas y desarrollos urbanos.

Se distingue por su enfoque holístico, ya que incorpora múltiples dimensiones de la sostenibilidad, tales como el uso eficiente de la energía y el agua, la selección de materiales sostenibles, la gestión de residuos y la calidad ambiental interior. Estos aspectos se valoran mediante un sistema de categorías de crédito adaptado a cada tipo de proyecto. Para obtener la certificación LEED, las construcciones deben superar un proceso riguroso de verificación y revisión técnica. En función del número de puntos obtenidos, se asigna uno de los cuatro niveles de certificación: Certificado, Plata, Oro o Platino.

En el 2024, más de 195.000 edificios en todo el mundo contaban con certificación LEED y más de 205.000 profesionales estaban acreditados bajo este estándar en 186 países.

- **VERDE (Valoración de Eficiencia de Referencia de Edificios).** Es una herramienta de certificación ambiental desarrollada por el Green Building Council España (GBCe), diseñada de manera específica para adaptarse al marco normativo, climático y constructivo del contexto español. Evalúa el comportamiento ambiental del edificio durante todo su ciclo de vida, desde la fase de diseño hasta su uso y mantenimiento.

Una de las principales fortalezas de la herramienta VERDE radica en su enfoque contextualizado, que permite ajustar los criterios de evaluación en función de las características locales y del tipo de intervención –ya sea nueva construcción o rehabilitación–. El sistema se articula en torno a seis grandes categorías, cada una de las cuales incluye, a su vez, indicadores específicos:

- Parcelas y emplazamiento. Analiza la relación del edificio con su entorno y prioriza la integración paisajística, la accesibilidad y la conectividad urbana.
- Energía y atmósfera. Evalúa el rendimiento energético del inmueble, la incorporación de energías renovables y la reducción de emisiones de GEI.
- Recursos naturales. Considera el uso eficiente del agua, la gestión sostenible de recursos y la selección de materiales con bajo impacto ambiental.
- Calidad del ambiente interior. Mide el confort térmico, acústico y lumínico y la calidad del aire interior, con el fin de garantizar el bienestar de los ocupantes.
- Calidad del servicio. Valora la funcionalidad técnica, la durabilidad y la facilidad de mantenimiento de las instalaciones.
- Aspectos sociales y económicos. Incorpora la dimensión social de la sostenibilidad, al promover la salud, la equidad, la resiliencia y el bienestar de los usuarios.

La calificación final se representa mediante un sistema visual de hojas VERDE, que oscila entre una y cinco hojas según el grado de sostenibilidad alcanzado por el proyecto. Este formato permite comunicar de manera clara y comprensible el nivel de desempeño ambiental del edificio tanto a los profesionales como al público general.

Este tipo de certificaciones de carácter integral pueden resultar muy valiosas, al proporcionar una visión holística del desempeño ambiental de los edificios. No obstante, también existen algunos sistemas de certificación que centran su atención de forma específica en el rendimiento energético y ofrecen una evaluación más detallada y rigurosa de este aspecto en particular, como es el caso de **Passivhaus**. Se trata de un estándar desarrollado en Alemania a finales de la década de 1980 por el Passive House Institute (PHI), orientado a certificar edificios con un consumo energético extremadamente bajo. En concreto, establece que la de-

manda de energía primaria no debe superar los 120 kilovatios-hora por metro cuadrado al año. Este rendimiento se logra, sobre todo, mediante un diseño arquitectónico de elevada eficiencia y la aplicación de estrategias de climatización pasivas, que permiten mantener condiciones óptimas de confort térmico sin necesidad de recurrir a sistemas convencionales de calefacción o refrigeración adicionales. Entre ellas, destacan:

- Superaislamiento.
- Eliminación de los puentes térmicos.
- Control de las infiltraciones.
- Ventilación mecánica con recuperación de calor.
- Ventanas y puertas de altas prestaciones.
- Optimización de las ganancias solares y del calor interior.
- Modelización energética de ganancias y pérdidas.

El estándar Passivhaus resulta aplicable en cualquier zona climática. Su metodología y su sistema de cálculo se mantienen constantes con independencia del entorno, aunque sí adapta los requisitos de calidad de ciertos elementos constructivos en función de las condiciones climáticas específicas del lugar donde se ubica el edificio. Esta adaptabilidad permite garantizar altos niveles de eficiencia energética en contextos geográficos muy diversos.

En resumen, las certificaciones de sostenibilidad desempeñan un papel de especial relevancia en un contexto en el que la normativa en materia de edificación eficiente aún se encuentra en una fase de desarrollo. Estos sistemas proporcionan marcos de referencia claros, estructurados y cuantificables que facilitan la adopción de prácticas constructivas más respetuosas con el medioambiente.

A medida que estas herramientas se consolidan y su adopción se generaliza, comienzan a implementarse de forma

creciente diversas técnicas que contribuyen de manera activa a la eficiencia energética en la edificación. En el siguiente apartado, se analizan algunas de las más representativas.

2.5. Técnicas de edificación eficiente

Un edificio energéticamente eficiente es aquel que, desde su concepción hasta su operación diaria, ha sido diseñado, construido y gestionado con criterios que permiten minimizar al máximo el uso de energías convencionales, en particular las de origen no renovable, en favor de un consumo más responsable y sostenible. Este tipo de edificación busca optimizar el aprovechamiento de los recursos energéticos mediante soluciones constructivas inteligentes, el empleo de tecnologías de bajo consumo y la integración de sistemas pasivos y activos que reduzcan la demanda energética sin comprometer el confort de los usuarios.

Esta eficiencia se traduce en una reducción de la cantidad de energía requerida para cubrir necesidades básicas como el confort térmico, la iluminación, la climatización o el funcionamiento de equipos y sistemas dentro del edificio, y también implica una mejora sustancial en la forma en la que esa energía es gestionada y aprovechada. No se trata solo de consumir menos, sino de hacerlo de forma más inteligente, maximizando el rendimiento energético y minimizando las pérdidas innecesarias.

El objetivo central consiste en fomentar un uso eficiente de la energía disponible, con el fin de alcanzar un equilibrio adecuado entre las necesidades funcionales del edificio, el impacto ambiental derivado de su consumo energético y los costes operativos que este genera a lo largo de todo su ciclo de vida. Esto se consigue mediante una serie de estrategias que se pueden agrupar en tres categorías:



a) Estrategias que buscan **minimizar las pérdidas o las ganancias no deseadas de calor con un mínimo uso de sistemas mecánicos**. Se trata de las siguientes:

- **Mejorar el aislamiento térmico de la envolvente del edificio.** Este aislamiento –que comprende muros, techos y ventanas– desempeña un papel fundamental en la mejora de la capacidad para conservar una temperatura interior estable a lo largo del año. Esta medida permite minimizar las pérdidas o las ganancias de calor no deseadas, lo que se traduce en una menor necesidad de recurrir a sistemas de calefacción o refrigeración y, por tanto, en un ahorro energético significativo. Para lograr una eficiencia óptima, se emplean materiales con baja conductividad térmica, capaces de ofrecer una resistencia efectiva al paso del calor. Esta estrategia mejora el confort térmico en el interior del inmueble y contribuye, además, a reducir el consumo energético global y las emisiones asociadas al uso de sistemas climatizadores, lo cual favorece un entorno más sostenible y eficiente.
- **Minimizar las infiltraciones de aire no deseadas durante el invierno.** Se trata de una estrategia clave para mejorar la eficiencia energética del edificio, ya que se centra en evitar que el aire caliente del interior se pierda a través de aberturas no controladas. Consiste en sellar de manera adecuada los puntos en los que se producen filtraciones de aire en elementos como ventanas, puertas, marcos, juntas constructivas y otros elementos vulnerables, con el objetivo de conservar el calor generado en el interior y reducir la necesidad de calefacción adicional. Al limitar los intercambios térmicos no deseados entre el interior y el exterior, se mejora el confort, se disminuye el consumo energético y se contribuye a una climatización más eficiente y sostenible.
- **Optimizar el diseño de las azoteas.** Consideradas puntos especialmente vulnerables a la ganancia térmica, en estas resulta fundamental adoptar medidas que minimicen la entrada de calor al interior del edificio. Una de las estrategias más efectivas consiste en aumentar de modo considerable el espesor del aislamiento térmico en esa zona, lo cual mejora su capacidad para resistir el paso del calor y mantener una temperatura interior más estable. En paralelo, la incorporación de elementos que proporcionen sombra, como pérgolas, cubiertas vegetales, jardines o paneles solares, contribuye a reducir la exposición directa a la radiación solar. Estas soluciones disminuyen el calentamiento de la estructura.

b) Estrategias enfocadas en **el aprovechamiento del entorno y la ubicación del edificio**. Son las que se indican a continuación:

- **Evitar la proyección de sombras por parte de construcciones vecinas.** Resulta una consideración esencial en el diseño eficiente de construcciones que buscan maximizar la captación solar, en especial durante los meses más fríos del año. Garantizar que las fachadas y ventanas con mayor exposición solar, en particular las orientadas al sur en el hemisferio norte, reciban luz solar directa sin obstrucciones permite aprovechar al máximo la radiación como fuente de calor pasivo. La presencia de sombras permanentes o prolongadas, generadas por edificaciones cercanas, puede reducir de modo considerable la eficacia térmica y lumínica del diseño pasivo y, en consecuencia, aumentar la necesidad de calefacción artificial. Por ello, una planificación cuidadosa del entorno, la altura de las construcciones vecinas y las distancias mínimas de separación resulta clave para asegurar un acceso óptimo a la energía solar durante todo el año y, con ello, mejorar el rendimiento energético general del edificio.
- **Favorecer la entrada de radiación solar en invierno y bloquearla en verano.** Durante los meses fríos, se busca aprovechar la referida radiación como una fuente de calor pasivo, al permitir que los rayos solares entren en el interior del edificio a través de superficies acristaladas, sobre todo ventanas, ubicadas estratégicamente en las fachadas con mayor exposición solar. Esta ganancia térmica pasiva contribuye a elevar la temperatura interior de forma natural y reduce la necesidad de recurrir a sistemas de calefacción artificial. En cambio, durante el verano, se implementan soluciones arquitectónicas como aleros, voladizos, persianas, lamas orientables o elementos de sombreado vegetal para bloquear la radiación solar directa, de manera que se impida el sobrecalentamiento de los espacios interiores.
- **Orientar adecuadamente el edificio.** Se trata de un aspecto fundamental en el diseño bioclimático, ya que permite optimizar el aprovechamiento de la radiación solar según las condiciones climáticas del entorno. Esta estrategia consiste en posicionar el inmueble de manera que se maximice la captación solar durante el invierno, lo que ayuda a calentar de forma natural los espacios interiores, y, al mismo tiempo, se minimice la exposición directa al sol en verano, con lo cual se reduce la necesidad de refrigeración artificial. En zonas de clima frío, se recomienda orientar la fachada principal hacia el norte en el hemisfe-

rio sur o hacia el sur en el hemisferio norte; ello permite una mayor entrada de luz y calor durante los meses fríos. Estas decisiones no solo mejoran el confort térmico interior, sino que también reducen la demanda energética del edificio y contribuyen de modo significativo a su eficiencia y su sostenibilidad.

c) Estrategias orientadas de manera específica a la **optimización del rendimiento de los equipos que consumen energía de forma directa en el uso cotidiano del edificio**, tales como los sistemas de calefacción, refrigeración, producción de agua caliente e iluminación. Entre ellas:

- **Mejorar la eficiencia en la iluminación.** Implica la incorporación de tecnologías como lámparas LED y luminarias de alto rendimiento, que ofrecen una mayor eficiencia lumínica con un consumo significativamente menor en comparación con las bombillas tradicionales. Además, se recomienda complementar lo anterior con mecanismos de control inteligente, como sensores de presencia que activan la iluminación solo cuando hay personas en el espacio o sistemas de regulación automática que ajustan su intensidad según la cantidad de luz natural disponible.
- **Modernizar las instalaciones energéticas del edificio.** Esta acción consiste en sustituir equipos e infraestructuras obsoletas por tecnologías de última generación que ofrecen un rendimiento superior y un menor consumo energético. Entre las soluciones más destacadas se encuentran las bombas de calor, que permiten calefacción y refrigeración con alta eficiencia; los sistemas de ventilación con recuperación de calor, que optimizan el intercambio térmico del aire interior sin pérdidas significativas; y los sistemas de gestión energética inteligente o domótica, que permiten un control automatizado y preciso del uso de la energía en función de las necesidades reales del edificio. Instalar sistemas de calefacción y refrigeración de alta eficiencia energética. Se basa en la selección de equipos que cuenten con una alta calificación en el etiquetado energético –de preferencia, clase A o superior–, lo que garantiza que ofrecen el mismo nivel de prestaciones que otros sistemas menos eficientes, pero con un uso mucho más racional de la energía.
- **Reducir el consumo energético asociado al agua caliente sanitaria.** Para lograr una mayor eficiencia, se promueve el uso de calentadores de alto rendimiento energético, capaces de optimizar el proceso de calentamiento con un menor gasto de energía. Entre las soluciones más efectivas se encuentran los sistemas solares térmicos, que aprovechan la energía del sol, lo cual reduce la dependencia de fuentes convencionales. Asimismo, los calentadores de paso –que calientan el agua solo en el momento en el que se necesita, sin necesidad de

mantenerla almacenada– contribuyen a minimizar las pérdidas energéticas asociadas al almacenamiento y a mejorar la eficiencia del sistema en general.

En conclusión, alcanzar una edificación eficiente en materia energética implica integrar tanto estrategias pasivas como activas y tecnológicas que, en conjunto, permitan reducir el consumo de energía sin comprometer el confort ni la funcionalidad del espacio. Desde el diseño arquitectónico orientado al aprovechamiento del entorno hasta la implementación de soluciones constructivas y sistemas de alta eficiencia, cada decisión contribuye a minimizar el impacto ambiental del inmueble a lo largo de su ciclo de vida.

Estas estrategias, aunque cada vez más comunes en el sector, se hacen visibles de manera especial en proyectos concretos que han sabido materializarlas con éxito. A continuación, se exploran algunos ejemplos emblemáticos en España que ilustran cómo estas estrategias pueden aplicarse de forma eficaz en la práctica.



2.6. Ejemplos emblemáticos de edificación eficiente en España

En los últimos años, España ha experimentado un notable aumento de los proyectos arquitectónicos comprometidos con la eficiencia energética y la sostenibilidad. Estas iniciativas no solo se ajustan a las normativas actuales en materia de edificación eficiente, sino que se están consolidando como referentes e inspiración para futuras construcciones.

Mediante la integración de estrategias de diseño pasivo, el uso de materiales de bajo impacto ambiental y la adopción de tecnologías avanzadas, estas construcciones demuestran que es posible alcanzar un equilibrio entre funcionalidad, calidad arquitectónica y responsabilidad medioambiental.

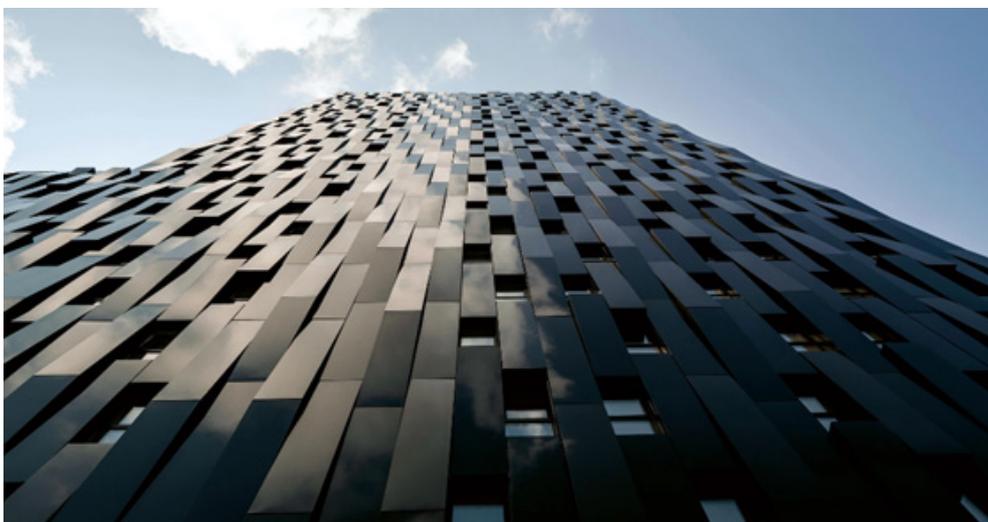
A modo de ejemplo, a continuación se describen tres proyectos que ilustran la implantación de las estrategias de eficiencia energética en las diversas fases que se han mencionado con anterioridad. Dos de ellos destacan en cuanto a la etapa de construcción y la operativa –la Torre Bolueta, en Bilbao, y el Edificio LUCIA, en Valladolid– y el tercero, como un ejemplo de rehabilitación –las oficinas de la Agencia Andaluza de la Energía, en Sevilla–.

2.6.1 Torre Bolueta (Bilbao)

Se trata de un edificio ubicado en el barrio bilbaíno de Bolueta, que mide 88 metros de altura, consta de 28 plantas y alberga 171 pisos y apartamentos de protección oficial y alquiler social (véase la **Figura 7**). Su particularidad radica en que constituye el inmueble de mayor altura en contar con una certificación Passivhaus que lo acredita como excelente en materia de eficiencia energética.

La construcción es capaz de ahorrar hasta un 75% de energía con respecto a un sistema de climatización convencional mediante la adopción de estrategias pasivas que permiten reducir su consumo sin comprometer el confort ni la funcionalidad del espacio. Cada metro cuadrado tiene una demanda de menos de 15 kilovatios-hora y una carga inferior a 10 vatios para su calefacción, lo cual se traduce en un consumo energético entre 7 y 13 veces menor que el de un edificio convencional (Passivhaus Madrid 2020).

Figura 7. Torre Bolueta



Fuente: Arquitectura Viva (2025).

Para ello, el inmueble cuenta con medidas como un completo aislamiento térmico gracias a su recubrimiento con 3.000 placas de aluminio de 4 metros de longitud por 0,80 metros de anchura, la supresión de puentes térmicos, la hermeticidad del aire, la ventilación controlada con recuperación de calor y ventanas y puertas de altas prestaciones, con doble o triple acristalamiento y baja transmitancia térmica (Acebal 2023).

2.6.2 Edificio LUCIA (Valladolid)

El edificio LUCIA (Lanzadera Universitaria de Centros de Investigación Aplicada) de la Universidad de Valladolid es considerado uno de los más sostenibles de Europa y, de hecho, cuenta con multitud de premios y certificaciones sobre esta materia. Su particularidad consiste en que se trata de un inmueble de energía cero, es decir, genera la misma cantidad, o más, de la que consume. Se construyó en el 2013 y tiene una superficie útil de 5.356 metros cuadrados. Está ubicado en el campus Miguel Delibes de la Universidad de Valladolid y fue diseñado por el prescriptor Francisco Valbuena García (Arquitectura Sostenible 2022).

Este edificio representa una referencia bioclimática por varios motivos:

- **Sistema de autosombra.** En su diseño se estudiaron los huecos y la orientación del inmueble y, tras el análisis, se optó por construir fachadas con huecos en forma de zigzag en un 89% de su superficie, orientados al sur y al este. Este sistema produce un efecto de autosombra que reduce las cargas de refrigeración sin limitar la iluminación natural y, en consecuencia, favorece la eficiencia energética (véase la **Figura 8**).

- **Uso del corcho aglomerado.** El material más utilizado en el edificio es el corcho aglomerado negro 100% natural, empleado principalmente como aislante térmico. Este elemento, además de ser muy valorado por sus propiedades térmicas, es biodegradable, reciclable y requiere un bajo nivel de procesamiento industrial, lo cual reduce el impacto ambiental a lo largo de todo su ciclo de vida (Arquitectura Sostenible 2022).
- **Neutralidad en carbono.** El inmueble alcanza la neutralidad en carbono gracias a un sistema de abastecimiento energético diversificado que integra múltiples fuentes sostenibles. Entre ellas, se incluye la generación de energía fotovoltaica a través de lucernarios y paneles solares instalados en la fachada suroeste; un sistema de ventilación geotérmica mediante tubos enterrados, que climatiza de forma natural el aire exterior antes de introducirlo en el circuito de ventilación; y una planta de cogeneración de biomasa que aprovecha residuos orgánicos locales como fuente de energía. Estas tres alternativas renovables no solo permiten cubrir el 100% de su propia demanda energética, sino que, además, generan excedentes que se redistribuyen para abastecer a otros edificios del campus (Arquitectura Sostenible 2022).

2.6.3 Oficinas de la Agencia Andaluza de la Energía (Sevilla)

Este inmueble ha sido objeto de una rehabilitación energética integral, la cual le ha permitido alcanzar la calificación de *edificio de consumo casi nulo*, también conocida como *nearly-zero energy building (NZEB)*, de modo que pasó de la calificación energética C a la A. En su origen, fue construido como el pabellón de Portugal para la Expo'92, con un diseño concebido para un uso temporal, y más tarde fue reconfigurado y reutilizado como espacio de oficinas.

El proceso de rehabilitación se ha centrado en la eficiencia energética, para lo cual se han implementado varias estrategias pasivas: mejora del aislamiento térmico de la cubierta, renovación de la climatización y la iluminación interior, sustitución de las ventanas metálicas y carpinterías por materiales más eficientes, instalación de elementos móviles de protección y control solar, etc. Asimismo, ha incorporado fuentes de energía renovable a través de la colocación de 130 paneles solares fotovoltaicos con dos baterías de almacenamiento y un sistema para el seguimiento, el control y la optimización de los parámetros. Con

Figura 8. Edificio LUCIA



Fuente: Edificio LUCIA – Universidad de Valladolid (s. f.).

todo ello, en su primer año de funcionamiento, la Agencia Andaluza de la Energía (2025) reportó un ahorro equivalente a casi un 70% del consumo eléctrico total del edificio (véase la **Figura 9**).

Estos ejemplos representativos no solo confirman la viabilidad técnica y económica de la edificación eficiente en diversos contextos, sino que también desempeñan un papel clave como referentes que orientan e inspiran a los profesionales del sector, las instituciones y la ciudadanía. Contar con casos concretos que evidencian la posibilidad real de construir de manera responsable y sostenible contribuye a cuestionar las prácticas tradicionales y a promover una cultura arquitectónica alineada con los desafíos actuales. En un escenario marcado por la urgencia climática y la necesidad de una transición energética, este tipo de iniciativas actúa como motor de transformación y demuestra que la eficiencia energética es una meta viable e implementable en proyectos reales.

Conclusión

A lo largo de este cuaderno se ha puesto de manifiesto la magnitud y la urgencia del desafío energético y medioambiental al que nos enfrentamos como sociedad. Ante un sistema históricamente sustentado en los combustibles fósiles y un modelo de desarrollo que ha impulsado un crecimiento

exponencial del consumo de energía, en la actualidad nos encontramos en un momento crítico en el que, o bien se lleva a cabo una transformación profunda en la manera en la que esta se produce y se consume, o bien se afrontan consecuencias que podrían resultar irreversibles en los planos climático, social y económico.

En este contexto, se ha visto que no es suficiente con centrar los esfuerzos solo en las estrategias basadas en el desarrollo y la expansión de las fuentes de energía renovables; estas deben ir acompañadas de acciones también contundentes orientadas a la gestión de la demanda energética. Es decir, además de transformar el modo en el que generamos la energía, es imprescindible intervenir en cómo y cuánta consumimos.

Esta perspectiva otorga un papel central al sector de la edificación dentro de las iniciativas para alcanzar un modelo energético más sostenible y bajo en emisiones. Los edificios constituyen la forma de actividad humana que más energía demanda, pues representan, aproximadamente, el 40% del consumo mundial, lo cual los convierte, a su vez, en responsables del 26% de las emisiones globales vinculadas al uso de energía (IEA 2023a). En este escenario, la transición hacia construcciones de cero emisiones, abastecidas por fuentes limpias y concebidas bajo estrictos criterios de eficiencia, se posiciona hoy como una de las vías más relevantes y necesarias para avanzar en la descarbonización del referido modelo energético.

Figura 9. Sede de la Agencia Andaluza de la Energía



Fuente: Ruiz Larrea (2022).

Sin embargo, esta transformación no se limita a cuestiones técnicas o arquitectónicas; requiere también una visión sistémica y una cooperación multinivel entre las Administraciones, el sector privado y la ciudadanía, así como una reformulación profunda de los marcos normativos, financieros y culturales que han sostenido el paradigma actual. En este sentido, el Reglamento (UE) 2024/3110 y la Directiva (UE) 2024/1275 constituyen hitos normativos de gran calado. Al establecer objetivos vinculantes, estándares mínimos de eficiencia, calendarios de implementación y exigencias claras de transparencia, plantean un marco coherente para avanzar de manera ambiciosa, pero realista, hacia una edificación verdaderamente sostenible.

Asimismo, esta problemática posee una dimensión de profunda raíz cultural. Transformar nuestros edificios implica, al mismo tiempo, replantear nuestras costumbres, redefinir nuestras expectativas sobre el confort, revisar nuestra relación con el entorno y asumir una mayor responsabilidad como habitantes del planeta. La sostenibilidad energética no podrá alcanzarse sin una renovación de los hábitos cotidianos, sin una ciudadanía consciente del impacto de sus deci-

siones y sin el respaldo de políticas públicas coherentes que impulsen esta transición en todos los niveles.

No obstante, como también se ha expuesto, toda esta cuestión no debe entenderse solo como un conjunto de obligaciones o limitaciones; también constituye una oportunidad transformadora con un alto potencial para generar mejoras en la vida cotidiana. Aunque, con frecuencia, el discurso climático se vincula a ideas de restricción, sacrificio o pérdida de confort, la realidad es que avanzar hacia una edificación eficiente en términos energéticos ofrece múltiples beneficios que van más allá del ámbito ambiental. Esta transición permite crear entornos interiores más saludables, con aire de mejor calidad y confort térmico; contribuye a la reducción de las facturas energéticas gracias al menor consumo; promueve viviendas más resilientes frente a condiciones climáticas extremas; y favorece la construcción de ciudades más habitables, sostenibles y equilibradas. En este sentido, la sostenibilidad energética no solo es una respuesta a la crisis ambiental, sino también una apuesta inteligente por el bienestar presente y futuro.

Referencias

ABB. 2022. “Eficiencia energética en la producción de hierro y acero”. https://www.energyefficiencymovement.com/wp-content/uploads/2022/05/ABB_EE_WhitePaper_Metals_250422_es_HR.pdf.

Acebal, Cristina. 2023. “Torre Bolueta: El edificio 'passivhaus' más alto del mundo”. *Expansión*, 12 de abril. <https://www.expansion.com/fueradeserie/arquitectura/2023/04/12/64217eb8468aeb6f058b4657.html>.

ACNUR (Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados). 2022. *Tendencias globales. Desplazamiento forzado en 2021*. <https://www.acnur.org/sites/default/files/2023-04/13866.pdf>.

ACNUR (Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados). 2016. “Preguntas frecuentes sobre el desplazamiento causado por el cambio climático y los desastres naturales”. 6 de noviembre del 2016. <https://www.acnur.org/es-es/noticias/historias/preguntasfrecuentes-sobre-el-desplazamiento-causado-por-elcambio-climatico-y#:~:text=Un%20promedio%20anual%20de%2021,%2C%20incendios%20forestales%2C%20temperaturas%20extremas>

Agencia Andaluza de la Energía. 2025. “La Agencia Andaluza de la Energía muestra a las empresas del PCT Cartuja y otras entidades cómo conseguir edificios de consumo casi nulo”. 13 de marzo. <https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/es/actualidad/la-agencia-andaluza-de-la-energia-muestra-las-empresas-del-pct-cartuja-y-otras-entidades-como-conseguir-edificios-de-consumo-casi-nulo>.

Arquitectura Sostenible. 2022. “LUCIA, un edificio bioclimático de energía cero”. 26 de mayo. <https://arquitectura-sostenible.es/lucia-edificio-bioclimatico-energia-cero/>.

Arquitectura Viva. 2025. “Torre Passivhaus #361Bolueta – Varquitectos”. <https://arquitecturaviva.com/obras/torre-passivhaus-361bolueta-1>.

Barbarino, Matteo. 2023. “What Is Nuclear Fusion?”. OIEA (Organismo Internacional de la Energía Atómica). 3 de agosto. <https://www.iaea.org/newscenter/news/what-is-nuclear-fusion>.

Climate Action Accelerator. s. f. “Energy Consumption of Buildings”. Acceso el 30 de mayo del 2025. https://climateactionaccelerator.org/solution-areas/energy_consumption_of_buildings/.

Climate Watch. 2022. “Historical GHG Emissions”. https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?breakBy=sector&end_year=2021®ions=WORLD&source=Climate%20Watch&start_year=1990.

Comisión Europea. 2023. “Pacto Verde Europeo: La UE acuerda una legislación más estricta para acelerar el despliegue de las energías renovables”. Nota de prensa, 30 de marzo. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_23_2061.

Edificio LUCIA- Universidad de Valladolid. s. f. Edificio LUCIA - Universidad de Valladolid (sitio web). Acceso el 17 de junio del 2025. <http://edificio-lucia.blogspot.com/>.

EPA (U. S. Environmental Protection Agency). 2023. “Gases de efecto invernadero de los edificios”. https://www.epa.gov/system/files/documents/2024-11/buildings_gei-de-los-edificios.pdf.

Eurostat. 2025. “Consumo de energía en los hogares”. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_consumption_in_households&action=statexp-seat&lang=es#:~:text=en%20el%20UE%20-,Productos%20energ%C3%A9ticos%20utilizados%20en%20el%20sector%20residencial,\)%2C%20v%C3%A9ase%20la%20figura%201.&text=En%202022%2C%20los%20Pa%C3%ADses%20Bajos,\(v%C3%A9ase%20el%20cuadro%201](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_consumption_in_households&action=statexp-seat&lang=es#:~:text=en%20el%20UE%20-,Productos%20energ%C3%A9ticos%20utilizados%20en%20el%20sector%20residencial,)%2C%20v%C3%A9ase%20la%20figura%201.&text=En%202022%2C%20los%20Pa%C3%ADses%20Bajos,(v%C3%A9ase%20el%20cuadro%201).

Galindo, Andrea. 2022. “What Is Nuclear Energy? The Science of Nuclear Power”. OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica). 15 de noviembre. <https://www.iaea.org/newscenter/news/what-is-nuclear-energy-the-science-of-nuclear-power>.

Ge, Mengpin, Johannes Friedrich y Leandro Vigna. 2024. “Where Do Emissions Come From? 4 Charts Explain Greenhouse Gas Emissions by Sector”. WRI (World Resources Institute). 5 de diciembre. <https://www.wri.org/insights/4-charts-explain-greenhouse-gas-emissions-countries-and-sectors>.

- IEA (International Energy Agency). 2018. *The Future of Cooling. Opportunities for Energy-efficient Air Conditioning*. https://iea.blob.core.windows.net/assets/0bb45525-277f-4c9c-8d0c-9c0cb5e7d525/The_Future_of_Cooling.pdf.
- IEA (International Energy Agency). 2023a. "Buildings". <https://www.iea.org/energy-system/buildings#tracking>.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2023. "IPCC Sixth Assessment Report. Chapter 9: Buildings". <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/chapter/chapter-9/>.
- Khaiyum, Mohammad Zahirul, Sudipa Sarker y Golam Kabir. 2023. "Evaluation of Carbon Emission Factors in the Cement Industry: An Emerging Economy Context". *Sustainability* 15 (21): 15407. <https://doi.org/10.3390/su152115407>.
- Martínez, Bruno, y Joan Fontrodona. 2024a. "La gestión empresarial de la huella hídrica: clave para un desarrollo sostenible". *Cuadernos de la Cátedra CaixaBank de Sostenibilidad e Impacto Social* 58 (enero). <https://www.iese.edu/media/research/pdfs/ST-0651>.
- Martínez, Bruno, y Joan Fontrodona. 2024b. "Hacia una economía descarbonizada. Estrategias para combatir el calentamiento global". *Cuadernos de la Cátedra CaixaBank de Sostenibilidad e Impacto Social* 60 (junio). <https://www.iese.edu/media/research/pdfs/ST-0654>.
- McKinsey & Company. 2024. *Global Energy Perspective 2024*. <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/energy%20and%20materials/our%20insights/global%20energy%20perspective%202024/global-energy-perspective-2024.pdf?shouldIndex=false>.
- Miserocchi, Lorenzo, Alessandro Franco y Daniele Testi. 2024. "Status and Prospects of Energy Efficiency in the Glass Industry: Measuring, Assessing and Improving Energy Performance". *Energy Conversion and Management: X* 24 (octubre): 100720. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2024.100720>.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2022. "Greenhouse Gas Pollution Trapped 49% More Heat in 2021 Than in 1990, NOAA Finds". NOAA Research. 23 de mayo. <https://research.noaa.gov/greenhouse-gas-pollution-trapped-49-more-heat-in-2021-than-in-1990-noaa-finds/>.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). 2023. "Climate Change". 12 de octubre. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>.
- Our World in Data. 2024. "Global Electricity Use for Air Conditioning". Actualizado el 21 de junio. <https://ourworldindata.org/grapher/electricity-air-conditioning>.
- Parlamento Europeo. 2015. *Understanding Energy Efficiency*. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568361/EPRS_BRI\(2015\)568361_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568361/EPRS_BRI(2015)568361_EN.pdf).
- Passivhaus Madrid. 2020. "Edificio Bolueta en Bilbao". 21 de mayo. <https://passivhaus-madrid.com/edificio-bolueta-en-bilbao/>.
- Ritchie, Hannah, Lucas Rodés-Guirao, Edouard Mathieu *et al.* 2023. "Population Growth". Our World in Data. <https://ourworldindata.org/population-growth>.
- Ritchie, Hannah, y Pablo Rosado. 2024a. "Electricity Mix". Our World in Data. <https://ourworldindata.org/electricity-mix>.
- Ritchie, Hannah, y Pablo Rosado. 2024b. "Energy Mix". Our World in Data. <https://ourworldindata.org/energy-mix>.
- Ritchie, Hannah, Pablo Rosado y Max Roser. 2024a. "Energy Production and Consumption". Our World in Data. <https://ourworldindata.org/energy-production-consumption>.
- Ritchie, Hannah, Pablo Rosado y Max Roser. 2024b. "Renewable Energy". Our World in Data. <https://ourworldindata.org/renewable-energy>.
- Ruiz Larrea. 2022. "Agencia Andaluza de la Energía". <https://ruizlarrea.com/agencia-andaluza-de-la-energia/>.

www.iese.edu

Barcelona
Madrid
Munich
New York
São Paulo



A Way to **Learn** . A Mark to **Make** . A World to **Change** .