



Proyecto Erasmus+ ID: 2023-1-ES01-KA220-HED-000156652

Este proyecto Erasmus+ ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea. Esta publicación refleja únicamente las opiniones de los autores, y la Comisión Europea y las agencias nacionales Erasmus+ no se hacen responsables del uso que pueda hacerse de la información contenida en ella.

Proyecto BIM4Energy

Título: Conceptos básicos de eficiencia energética en edificios





1 – Objetivos.

Los objetivos de este tutorial sobre conceptos básicos de eficiencia energética en edificios son los siguientes:

- Comprender los principios de la eficiencia energética: adquirir conocimientos sobre los conceptos básicos de la eficiencia energética y su relación con el diseño y el funcionamiento de los edificios.
- Identificar las principales técnicas e es de ahorro energético: ser capaz de identificar y describir métodos y tecnologías prácticos para mejorar la eficiencia energética en los edificios.
- Reconocer el impacto medioambiental: desarrollar una conciencia de los beneficios medioambientales de las prácticas de construcción energéticamente eficientes.
- Evaluación del rendimiento energético: familiarizarse con la evaluación del rendimiento energético de los edificios.
- Promover soluciones de construcción sostenible: comprender los elementos clave que promueven prácticas de diseño y construcción eficientes desde el punto de vista energético.

2 - Metodología de aprendizaje.

El profesor impartirá una explicación sobre los conceptos básicos de la eficiencia energética en los edificios durante aproximadamente 1 hora.

Los alumnos leerán este tutorial y seguirán los pasos que se indican en él, a saber:

- Introducción a la eficiencia energética.
 - Definiciones básicas.
 - Importancia de la eficiencia energética.
 - Contexto histórico de la eficiencia energética.
- Auditoría energética y benchmarking.
 - Métodos para evaluar el consumo energético de los edificios.
 - Puntos de referencia de rendimiento energético.
- Soluciones de eficiencia energética para edificios.
 - Aislamiento y diseño de la envolvente del edificio.
 - Sistemas de aislamiento térmico.
 - Hermeticidad de los edificios.
 - Puentes térmicos.
 - Requisitos para los valores U normativos de las particiones.
 - Sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC).
 - Aparatos y equipos energéticamente eficientes, iluminación energéticamente eficiente.
 - Integración de energías renovables.
 - Tecnologías de edificios inteligentes.
 - Soluciones de diseño pasivo.



- Materiales de construcción sostenibles.
- Tendencias futuras en eficiencia energética.
 - Edificios inteligentes e Internet de las cosas (IoT).
 - Avances en materiales y tecnología de la construcción.

Para evaluar el éxito de la aplicación, sugerimos realizar una encuesta entre los alumnos.

3 - Duración del tutorial.

La implementación de este tutorial se llevará a cabo a través del sitio web del proyecto BIM4ENERGY www.bim4energy.eu mediante autoaprendizaje.

El tutorial está estructurado para impartirse a lo largo de:

Duración total: 3 horas.

4 - Recursos didácticos necesarios.

Sala de ordenadores con PC con acceso a Internet.

Software necesario: Microsoft Office.

5 – Contenidos y tutorial.

5.1 – Introducción a la eficiencia energética.

5.1.1. Definiciones básicas.

El rendimiento energético de un edificio (o parte de un edificio) es la cantidad calculada de energía necesaria para satisfacer la demanda energética asociada al uso normal del edificio, incluida la energía para calefacción, refrigeración, ventilación, agua caliente y alumbrado del edificio [1]. La eficiencia energética se refiere al uso de menos energía para realizar la misma tarea o lograr el mismo resultado en un edificio, sistema o proceso. Esto se consigue optimizando el consumo de energía y minimizando el desperdicio [2].

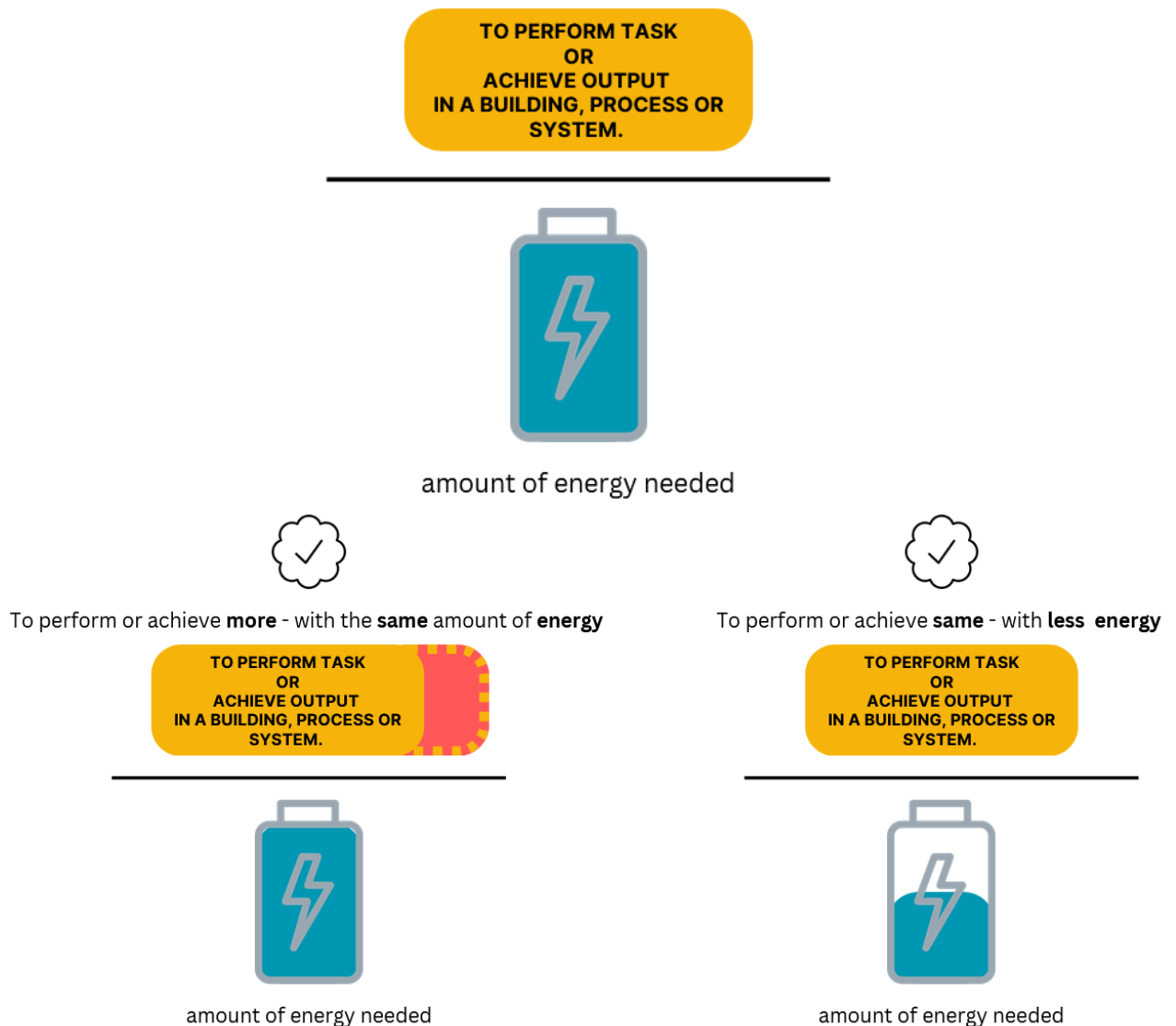


Figura2 Mejora de la eficiencia.

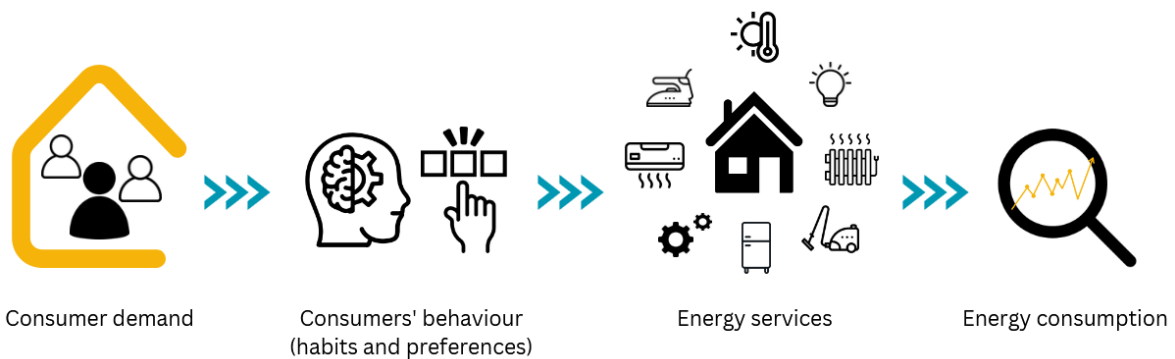
En los edificios, la eficiencia energética se centra normalmente en la calefacción, la refrigeración, la iluminación y el funcionamiento de los electrodomésticos. Un edificio con una alta eficiencia energética consume menos energía para la calefacción, la refrigeración, la iluminación y los electrodomésticos, al tiempo que proporciona comodidad y funcionalidad a sus ocupantes. El uso racional de los recursos energéticos es una de las formas más eficaces de reducir el consumo de energía y minimizar el impacto medioambiental.

El comportamiento de los consumidores influye en el consumo de energía. Cada consumidor de energía utiliza los servicios energéticos de una manera que le es habitual. Los patrones de comportamiento moldeados por nuestro entorno determinan nuestros

Figura1 eficacia.



patrones de consumo de energía y las acciones que llevamos a cabo como consumidores. Estas acciones tienen un impacto directo en la cantidad de energía consumida. Cabe señalar que alrededor del 80 % de la energía utilizada en los hogares de la UE se destina a calefacción, refrigeración y agua caliente [3]. En este contexto, para beneficiarse de las inversiones en equipos, herramientas y sistemas más eficientes, los usuarios deben utilizarlos correctamente. Los objetivos de eficiencia energética se alcanzan mediante una combinación de soluciones eficientes y de ahorro energético y cambios en el comportamiento de los consumidores. Sin embargo, si los consumidores no cambian sus hábitos de derroche de energía e ignoran las iniciativas de reducción del consumo, las oportunidades de mejorar la eficiencia energética se reducen considerablemente.



Los edificios energéticamente eficientes pueden incluir estructuras residenciales, comerciales e industriales diseñadas o rehabilitadas para cumplir con los estándares de eficiencia modernos. Lograr la eficiencia energética a menudo implica mejorar el aislamiento, utilizar electrodomésticos eficientes y optimizar los sistemas de iluminación. Otro aspecto clave es la «envoltura» del edificio, que incluye las paredes, el techo, los suelos, las ventanas y las puertas que separan el interior del exterior. El diseño y los materiales utilizados para la envoltura desempeñan un papel crucial en la reducción de la pérdida de energía. El objetivo es reducir el consumo total de energía manteniendo o mejorando el rendimiento del edificio. También es importante distinguir entre eficiencia energética y conservación de la energía; esta última implica reducir el uso de energía mediante cambios de comportamiento, mientras que la eficiencia energética se centra en las mejoras tecnológicas y de los sistemas.

Cuando se analiza la eficiencia energética, hay que tener en cuenta la energía consumida por un producto o edificio a lo largo de todo su ciclo de vida, desde la producción hasta el reciclaje o la renovación.

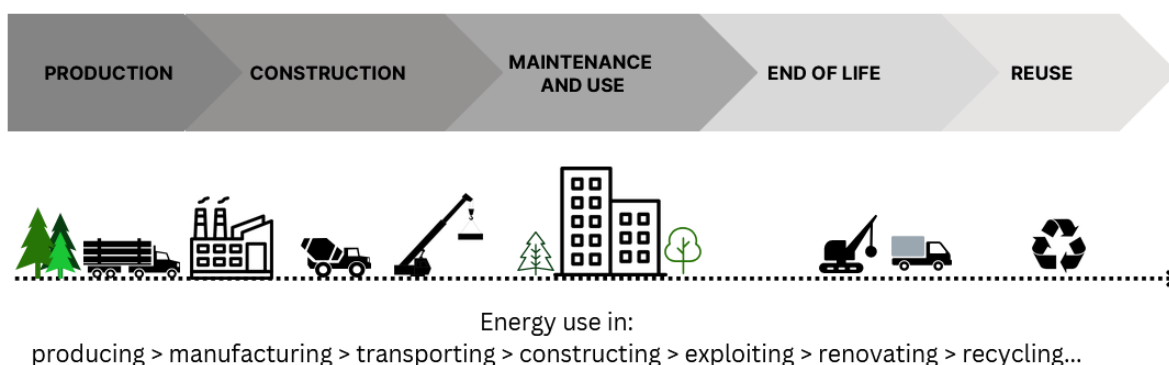


Figura3 El ciclo de vida y el consumo energético del producto o servicio.

5.1.2. Importancia de la eficiencia energética

El entorno construido se ha convertido en un área clave para reducir las emisiones de carbono y abordar los efectos del cambio climático. El sector de la construcción utiliza energía para construir, calentar, refrigerar e iluminar hogares y negocios, así como para los electrodomésticos y equipos instalados en ellos. El consumo energético de los edificios es uno de los principales responsables de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, siendo la calefacción una de las mayores demandas energéticas. No se puede subestimar la importancia de la eficiencia energética en los edificios, ya que afecta directamente a la sostenibilidad económica y medioambiental. Los edificios energéticamente eficientes reducen los costes operativos al disminuir el consumo de energía para calefacción, refrigeración e iluminación. En un mundo que se enfrenta al aumento de los precios de la energía, la mejora de la eficiencia energética puede suponer un importante ahorro económico para los propietarios y ocupantes de los edificios. En particular, cuando actualmente el 75 % de los edificios de la UE son ineficientes desde el punto de vista energético. Desde una perspectiva global, el aumento de la eficiencia energética es una de las formas más rentables de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Los edificios son responsables de una gran parte del consumo energético mundial —aproximadamente el 40 % del consumo energético global y las emisiones de CO₂ asociadas—, por lo que mejorar la eficiencia en este sector puede tener un impacto profundo [4]. Además, los edificios energéticamente eficientes proporcionan un mayor confort interior a los ocupantes al mantener temperaturas y una calidad del aire más constantes. La eficiencia energética también mejora la resiliencia de los edificios ante las fluctuaciones de los precios de la energía y la escasez de esta, lo que crea un entorno de costes energéticos más estable y predecible. Además, los edificios energéticamente eficientes suelen ser más atractivos para los compradores o inquilinos debido a las facturas de servicios públicos más bajas y a la creciente preferencia por entornos de vida sostenibles. Otro factor crítico es que muchos gobiernos ofrecen incentivos y subvenciones para mejorar la eficiencia energética de los edificios, lo que los convierte en una opción atractiva para los promotores y propietarios inmobiliarios. La eficiencia energética también es clave para alcanzar los objetivos climáticos globales y locales, como los establecidos en el Acuerdo de París, el Pacto Verde Europeo y la estrategia a largo plazo de la UE para 2050 [5]. La



implementación de tecnologías energéticamente eficientes reduce la demanda de recursos energéticos, lo que también puede aliviar la necesidad de nuevas centrales eléctricas o mejoras en las infraestructuras. Los edificios energéticamente eficientes también ayudan a reducir la carga de las redes eléctricas nacionales, especialmente durante las horas de mayor consumo, lo que contribuye a una mayor estabilidad de la red. Además de los beneficios medioambientales y económicos, los edificios energéticamente eficientes contribuyen a mejorar la salud pública al reducir la contaminación atmosférica asociada a la producción de energía. A medida que la eficiencia energética cobra mayor importancia, especialmente en la planificación y el desarrollo urbanos, desempeña un papel fundamental en la consecución de los objetivos más amplios de las ciudades y comunidades sostenibles.

5.1.3. Contexto histórico de la eficiencia energética

Las civilizaciones antiguas, como los romanos y los griegos, implementaron estrategias de diseño pasivo, como ventanas orientadas al sur y paredes gruesas, para conservar el calor durante el invierno y refrescar sus edificios en verano.

Más tarde, con la creciente urbanización y el rápido aumento de la demanda de energía, la eficiencia energética en los edificios cobró mucha más importancia. El objetivo principal era el confort y la funcionalidad, sin tener en cuenta el consumo de energía. Sin embargo, la crisis del petróleo de 1973 supuso un importante punto de inflexión que convirtió el ahorro y la eficiencia energética en un objetivo clave de las políticas públicas y la innovación tecnológica [6]. Ante el aumento de los costes energéticos y la escasez de suministro, muchos gobiernos e industrias comenzaron a explorar formas de reducir el consumo de energía. El concepto de edificios energéticamente eficientes comenzó a ganar terreno, especialmente en Europa, donde se introdujeron políticas y normas para fomentar el ahorro energético. En las décadas de 1980 y 1990, los avances en el aislamiento, las tecnologías de ventanas y los sistemas de climatización facilitaron que los edificios alcanzaran mayores niveles de eficiencia energética.

El concepto de eficiencia energética ha evolucionado significativamente en las últimas décadas, especialmente a medida que han aumentado la preocupación por los recursos energéticos y la sostenibilidad medioambiental. A principios del siglo XX, los edificios no se diseñaban teniendo en cuenta la eficiencia energética, ya que la energía era relativamente barata y abundante. Durante este periodo, surgieron movimientos de construcción ecológica como LEED (Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental) en Estados Unidos y BREEAM (Método de Evaluación Ambiental de Edificios) en el Reino Unido [7]. Estos sistemas ayudaron a establecer directrices y normas claras para el diseño, la construcción y el funcionamiento de edificios energéticamente eficientes. A principios de la década de 2000, la creciente preocupación por el cambio climático y la degradación medioambiental aceleró aún más el impulso hacia la eficiencia energética. Los gobiernos de todo el mundo introdujeron normativas más estrictas e incentivos para los edificios energéticamente eficientes, lo que impulsó la innovación en materiales y tecnologías.

Hoy en día, la eficiencia energética se reconoce como una estrategia clave para alcanzar los objetivos de sostenibilidad, y las tecnologías inteligentes, como el Internet



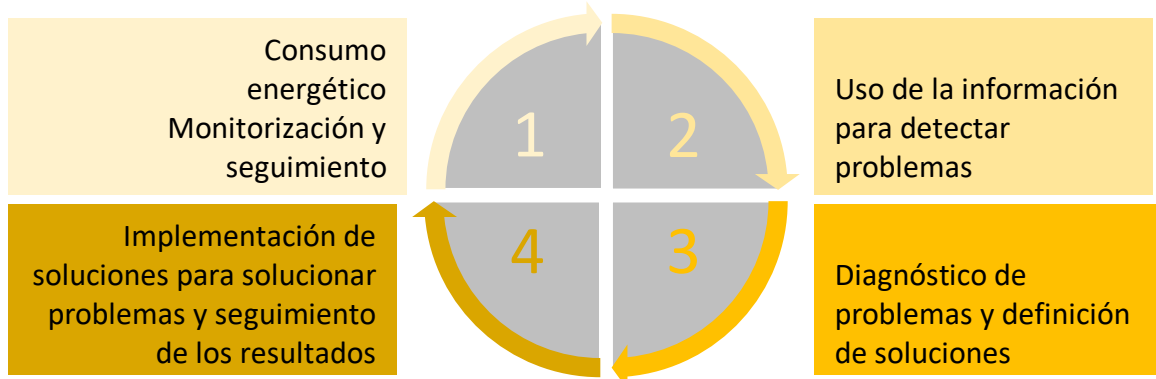
de las cosas (IoT) y la automatización de edificios, desempeñan un papel fundamental en la optimización del uso de la energía en las estructuras modernas. En los últimos años, el auge de las tecnologías de energía renovable, como los paneles solares y las turbinas eólicas, se ha integrado en los diseños de edificios energéticamente eficientes.

La evolución histórica de la eficiencia energética pone de relieve el creciente reconocimiento de que los edificios, como grandes consumidores de energía, deben diseñarse y explotarse de manera que se minimice su impacto medioambiental. A medida que este campo sigue evolucionando, las lecciones del pasado proporcionan valiosos conocimientos sobre cómo los edificios modernos pueden equilibrar el uso de la energía con la necesidad de confort y sostenibilidad.

5.2 – Auditoría energética y evaluación comparativa

Las auditorías energéticas y la evaluación comparativa son pasos importantes para evaluar y mejorar el rendimiento energético de los edificios. Especialmente en los edificios existentes, el primer paso para mejorar la eficiencia energética es medir el consumo energético actual. Las auditorías energéticas proporcionan información detallada sobre cómo se consume la energía, lo que ayuda a identificar áreas de mejora de la eficiencia [8].

Por otro lado, la evaluación comparativa de la energía, también conocida como seguimiento del rendimiento energético, es una forma de ver dónde se pueden lograr las mayores mejoras en la eficiencia energética. A menudo es el primer paso para alcanzar los objetivos de eficiencia energética a largo plazo, ya que define el potencial de ahorro energético del edificio. En primer lugar, se trata de un proceso de seguimiento del consumo energético de un edificio, que luego compara el rendimiento energético del edificio con métricas estándar o estructuras similares, lo que permite comprender claramente su eficiencia relativa. La evaluación comparativa permite comparar directamente el consumo energético de los edificios teniendo en cuenta variables como el clima local, la superficie, los niveles de ocupación y las horas de funcionamiento.





5.2.1. Métodos para evaluar el consumo energético de los edificios

Se utilizan varios métodos para evaluar el consumo energético de los edificios, empezando por las auditorías energéticas. Las auditorías energéticas se clasifican normalmente en tres niveles:

- **Nivel 1 (auditoría general):** se trata de una auditoría preliminar que consiste en una inspección visual del edificio y un análisis básico del consumo energético. Identifica las oportunidades de ahorro energético más significativas con una recopilación mínima de datos.
- **Nivel 2 (estudio y análisis energético):** implica un análisis más detallado, que incluye el uso de facturas de energía y datos básicos de medición. Proporciona una comprensión más amplia de cómo consumen energía los diferentes sistemas (iluminación, climatización, etc.).
- **Nivel 3 (análisis detallado):** conocido como auditoría de grado de inversión, este método implica una recopilación y un análisis en profundidad de los datos de los sistemas energéticos del edificio. Esto incluye el uso de herramientas avanzadas, como software de modelización energética, para simular el rendimiento energético en diferentes condiciones.

Otra herramienta de evaluación clave son los sistemas de gestión energética de edificios (BEMS), que proporcionan datos en tiempo real sobre el consumo energético [9]. Además, tecnologías como las inspecciones termográficas ayudan a identificar las pérdidas térmicas a través de paredes, ventanas y tejados. La submedición de áreas específicas (por ejemplo, iluminación, calefacción y ventilación) proporciona una visión más detallada del uso de la energía. Los certificados de eficiencia energética (CEE) también desempeñan un papel importante en la evaluación y calificación de la eficiencia energética de un edificio en una escala, lo que facilita la comprensión de su rendimiento global.

5.2.2. Referencias de rendimiento energético

El establecimiento de puntos de referencia permite a los propietarios y operadores de edificios comparar su consumo energético con el de edificios similares o con normas predefinidas. Una forma habitual de establecer puntos de referencia de rendimiento es a través de la intensidad del uso energético (EUI), que mide el consumo energético por metro cuadrado del edificio al año. Los valores más bajos de EUI indican una mayor eficiencia energética.

En Europa, la Directiva sobre el rendimiento energético de los edificios (EPBD) establece directrices para la evaluación comparativa y la certificación energética [10].

Los sistemas de certificación LEED y BREEAM establecen parámetros de referencia para el rendimiento energético y otorgan puntos en función de la eficiencia energética y las prácticas de sostenibilidad. Estas certificaciones fomentan la mejora continua al ofrecer niveles de certificación más altos para un mayor ahorro energético.



Otro método de evaluación comparativa consiste en comparar el consumo energético de un edificio con el de otros edificios similares dentro de un grupo homogéneo (por ejemplo, de tamaño, tipo o zona climática similares). Esto proporciona un contexto para determinar si un edificio tiene un rendimiento superior o inferior a la media del sector.

Por último, se puede realizar una evaluación comparativa interna comparando el rendimiento actual del edificio con sus datos históricos, lo que permite identificar las tendencias en el consumo energético a lo largo del tiempo. Esto ayuda a realizar un seguimiento del éxito de las medidas de ahorro energético.

5.3 – Soluciones de eficiencia energética para edificios

5.3.1 Aislamiento y diseño de la envolvente del edificio

La envolvente del edificio es fundamental para determinar la eficiencia energética global de una estructura, ya que actúa como barrera entre el ambiente interior y el clima exterior.

Las envolventes de los edificios, correctamente diseñadas y aisladas, ayudan a regular la temperatura interior, reduciendo la necesidad de calefacción o refrigeración excesivas. La eficacia de la envolvente de un edificio depende en gran medida del aislamiento y de diversas técnicas destinadas a minimizar la pérdida de energía.

Uno de los parámetros físicos más importantes de los materiales de aislamiento térmico es la conductividad térmica, que describe la capacidad de un material para transmitir el calor. Los diferentes materiales de aislamiento tienen diferentes coeficientes de conductividad térmica (λ) (véanse los ejemplos en la tabla 1. Comparación de diferentes materiales de aislamiento).

Existen varias técnicas clave para reducir la pérdida de energía y mejorar la eficiencia térmica. En primer lugar, es esencial el uso de materiales aislantes de alta calidad, como la fibra de vidrio, la espuma y la lana mineral, para retener el calor en el interior durante el invierno y mantenerlo fuera durante el verano.

El sellado hermético es otro método fundamental, que consiste en cerrar los huecos y grietas alrededor de ventanas, puertas y otras aberturas para evitar fugas de aire y corrientes. Además, las ventanas de doble o triple acristalamiento ofrecen un mayor aislamiento al crear una capa aislante de aire o gas entre los paneles, lo que reduce la transferencia de calor.

En climas más cálidos, los materiales reflectantes para cubiertas pueden ayudar a minimizar la absorción de calor, mientras que los tejados verdes añaden aislamiento y refrescan el edificio de forma natural.

Las roturas térmicas en los componentes estructurales, como el acero o el hormigón, pueden ayudar a interrumpir la conducción del calor a través de la estructura del edificio. La instalación de barreras de vapor también evita la acumulación de humedad, que puede degradar el rendimiento del aislamiento con el paso del tiempo.

1 tabla. Comparación de diferentes materiales aislantes.

 <p>WOOD FIBRE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermal conductivity/ λ (W/m^2K) 0.038 • Density (kg/m^3) 30 – 300 	 <p>CELLULOSE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermal conductivity/ λ (W/m^2K) 0.038 - 0.040 • Density (kg/m^3) 30 - 80
 <p>WOOL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermal conductivity/ λ (W/m^2K) 0.038 • Density (kg/m^3) 12 - 30 	 <p>HEMP</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermal conductivity/ λ (W/m^2K) 0.039 - 0.040 • Density (kg/m^3) 20 - 190
 <p>GLASS WOOL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermal conductivity/ λ (W/m^2K) 0.035 • Density (kg/m^3) 10 - 70 	 <p>ROCK MINERAL WOOL</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermal conductivity/ λ (W/m^2K) 0.032 - 0.044 • Density (kg/m^3) 20 - 200
 <p>POLYURETHANE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermal conductivity/ λ (W/m^2K) 0.023 - 0.026 • Density (kg/m^3) 25 - 100 	 <p>EXPANDED POLYSTYRENE (EPS)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermal conductivity/ λ (W/m^2K) 0.034 - 0.038 • Density (kg/m^3) 10 - 50
 <p>EXTRUDED POLYSTYRENE (XPS)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermal conductivity/ λ (W/m^2K) 0.014 • Density (kg/m^3) 25 - 65 	 <p>CORK</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thermal conductivity/ λ (W/m^2K) 0.036 - 0.06 • Density (kg/m^3) 100 - 220

5.3.2. Sistemas de aislamiento térmico

El sistema compuesto de aislamiento térmico exterior (ETICS, por sus siglas en inglés) es una solución de aislamiento multicapa compacta diseñada para mejorar la eficiencia energética de edificios nuevos y existentes. A veces se conoce como EIFS (sistema de acabado de aislamiento exterior).

Este sistema de aislamiento de paredes exteriores está compuesto por varias capas, entre las que se incluyen una capa base, una malla reforzada y una capa de acabado. El aislamiento exterior continuo mejora el rendimiento térmico y reduce los puentes térmicos, almacenando el calor en las paredes para crear un ambiente más confortable. Los tipos de materiales utilizados pueden variar según los sistemas, lo que lo hace flexible para adaptarse a diferentes estructuras y diseños de edificios.



Figura4 . Ejemplo de sistema compuesto de aislamiento térmico exterior.

Los sistemas compuestos de aislamiento térmico exterior (ETICS) pueden incorporar materiales convencionales y ecológicos para mejorar la eficiencia energética de un edificio y minimizar el impacto medioambiental [11]. Los materiales de aislamiento más comunes son el poliestireno expandido (EPS), el poliestireno extruido (XPS) y la lana mineral, que ofrecen una buena resistencia térmica. Sin embargo, las alternativas sostenibles están ganando popularidad. Los paneles aislantes de corcho y fibra de madera, por ejemplo, son renovables, biodegradables y tienen una menor huella medioambiental. El hormigón de cáñamo y la celulosa son otras opciones ecológicas que proporcionan un excelente aislamiento y utilizan materiales naturales y reciclados. Sobre el aislamiento se aplica una capa base de refuerzo, normalmente de cemento o mortero modificado con polímeros, con malla de fibra de vidrio para mayor estabilidad. En los sistemas ETICS ecológicos también se utilizan morteros ecológicos, a base de cal o arcilla. La capa final de acabado, que ofrece protección y atractivo estético, puede incluir revestimientos transpirables y naturales, como cal, arcilla o revocos vegetales. Estos materiales ecológicos mejoran la sostenibilidad del edificio, al tiempo que mantienen las ventajas fundamentales del aislamiento y la durabilidad.



5.3.3. Hermeticidad del edificio

Una estanqueidad adecuada proporciona un excelente confort térmico y acústico. También ayuda a proteger el edificio del deterioro potencial causado por la infiltración de vapor de agua a través de la convección en los elementos estructurales. Además, minimiza las pérdidas de energía al evitar la ventilación involuntaria a través de fugas de aire.

Las áreas clave en las que hay que centrarse son:

- Membranas superpuestas y puntos de contacto entre láminas y placas.
- Las conexiones entre el techo y las paredes, así como cualquier penetración a través del techo.
- Las conexiones entre ventanas, puertas y paredes.
- Todo tipo de penetraciones a través de la capa hermética y los conductos verticales.

La prueba de estanqueidad al aire de un edificio debe realizarse y los resultados deben evaluarse de acuerdo con la Norma Técnica Internacional LST EN ISO 9972:2015 «Prestaciones térmicas de los edificios», destinada a la medición de la permeabilidad al aire de los edificios o partes de edificios en el campo [12]. Esta norma define todos los parámetros importantes de la prueba: cómo debe prepararse el edificio, el equipo exacto que debe utilizarse, cómo deben obtenerse los datos, cómo deben interpretarse y validarse.

La estanqueidad al aire se puede medir mediante una prueba de puerta sopladora, que crea una diferencia de presión entre el interior y el exterior de la estructura. Esta presión permite medir la tasa de intercambio de aire. Esta prueba proporciona un nivel de estanqueidad al aire que se compara con las normas especificadas en los estándares técnicos. Otros métodos de prueba de estanqueidad al aire incluyen pruebas de humo e imágenes térmicas.

5.3.4. Puentes térmicos

Los puentes térmicos son zonas de la estructura de un edificio en las que la transferencia de calor se produce a un ritmo mayor que a través de los materiales circundantes, lo que provoca una mayor pérdida de energía. Suelen producirse en puntos de discontinuidad, como las uniones entre diferentes elementos constructivos, por ejemplo, las uniones entre paredes y suelos, los bordes de los tejados o alrededor de ventanas y puertas.

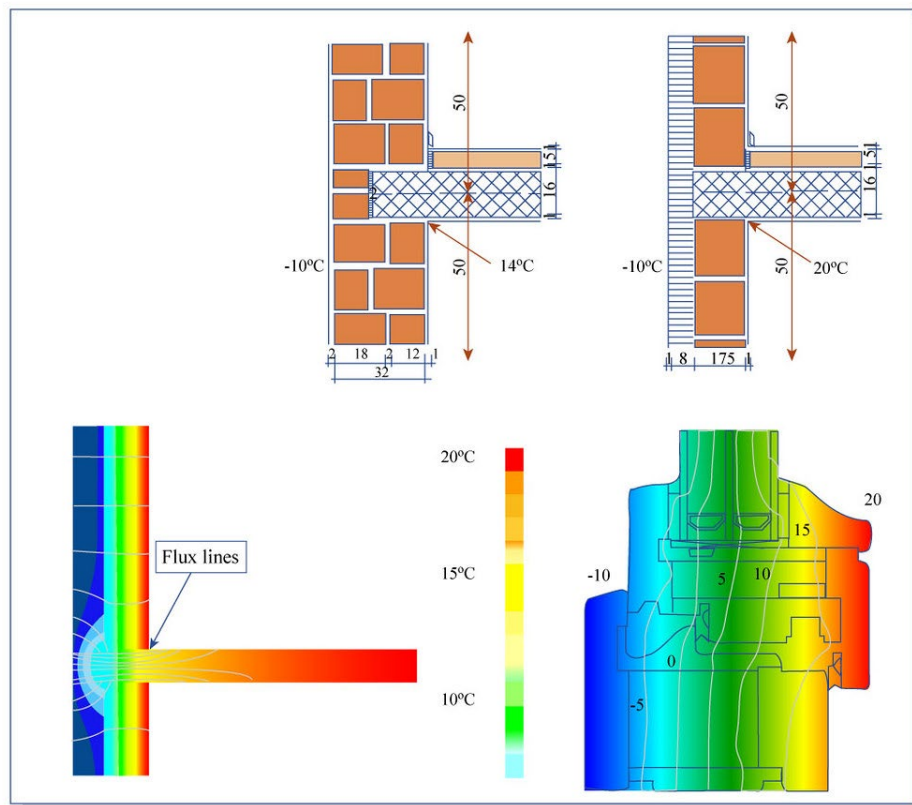


Figura 5. Ejemplo de puentes térmicos.

Al interrumpir la continuidad del aislamiento, los puentes térmicos pueden reducir significativamente la eficiencia energética global de un edificio. También crean puntos fríos en las superficies interiores, lo que puede provocar condensación, crecimiento de moho y posibles daños estructurales con el tiempo. Un diseño y unas prácticas de construcción eficaces, como garantizar un aislamiento adecuado y eliminar los huecos entre los materiales de construcción, pueden ayudar a minimizar la aparición de puentes térmicos. Abordar los puentes térmicos es fundamental no solo para ahorrar energía, sino también para mantener la durabilidad y el confort de un edificio.

5.3.5. Requisitos para los valores U normativos de las particiones

Para que los edificios se construyan de acuerdo con los requisitos más exigentes, se regulan los valores de transferencia de calor de las estructuras individuales de los edificios. Se regulan elementos como los tejados, las paredes, los suelos (por encima de espacios sin calefacción) y las ventanas, y varían de un país a otro.

Además, con el fin de reducir el uso de recursos energéticos, los requisitos son cada vez más estrictos. Los edificios nuevos deben cumplir con la clase energética A o superior.

5.3.6. Sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC)

Junto con la iluminación, estos sistemas suelen representar una gran parte del consumo energético de un edificio, lo que los convierte en objetivos prioritarios para mejorar la eficiencia.

Ventilación: La optimización de la ventilación implica la instalación de sistemas de ventilación con recuperación de calor (HRV), que recuperan la energía del aire de salida y la utilizan para preacondicionar el aire fresco entrante. Los sistemas de volumen de aire variable (VAV) también pueden modular el flujo de aire en función de la demanda, reduciendo el consumo innecesario de energía.



Figura 6. Sistema de ventilación en el tejado de un edificio.

Eficiencia de la calefacción y el aire acondicionado: La eficiencia de la calefacción y la refrigeración puede mejorarse utilizando calderas y aires acondicionados de alta eficiencia que consumen menos energía y ofrecen el mismo nivel de confort. Las bombas de calor, que transfieren el calor en lugar de generarlo, son muy eficientes e ideales para la calefacción y la refrigeración en muchos climas. Asegurar un aislamiento adecuado alrededor de los conductos de climatización y utilizar ventanas energéticamente eficientes también ayuda a minimizar la pérdida de calor y a reducir la carga de los sistemas de climatización.

En el caso de los sistemas de climatización, el mantenimiento regular es fundamental para garantizar que los equipos funcionen de manera eficiente. Cambiar los filtros, limpiar los conductos e inspeccionar los componentes con regularidad puede evitar el desperdicio de energía. La instalación de termostatos programables o controles inteligentes permite una mejor gestión de la temperatura, ajustando la calefacción o la refrigeración en función de la ocupación o la hora del día. La implementación de sistemas de zonificación permite calentar o refrigerar diferentes áreas de un edificio de forma independiente, reduciendo el consumo de energía en los espacios desocupados.

5.3.7. Electrodomésticos y equipos energéticamente eficientes, iluminación eficiente

Los electrodomésticos y equipos energéticamente eficientes desempeñan un papel fundamental en la reducción del consumo energético total de un edificio y su impacto medioambiental. Los electrodomésticos modernos, como los frigoríficos, aires acondicionados y lavadoras con la etiqueta ENERGY STAR, están diseñados para funcionar con un consumo de electricidad y agua significativamente menor que sus homólogos e es convencionales, lo que reduce los costes de los servicios públicos y las emisiones de gases de efecto invernadero. Del mismo modo, los sistemas de climatización energéticamente eficientes y los termostatos inteligentes ayudan a optimizar la calefacción y la refrigeración ajustando la temperatura en función de la ocupación y las condiciones exteriores, minimizando el consumo innecesario de energía.

La Comisión Europea, basándose en el Informe general sobre la contabilidad del impacto del diseño ecológico de 2023, señala que en 2020 se utilizaban en Europa casi 11 000 millones de lámparas, es decir, más de 24 lámparas por persona en la UE-27. Aunque una sola fuente de luz consume relativamente poca energía en comparación con otros productos de diseño ecológico, debido al gran número de productos instalados, la iluminación es el tercer mayor consumidor de energía (después de los componentes industriales y la calefacción de espacios), representando el 8 % de la energía primaria contabilizada por la EIA en 2020 [13].

2 tabla. Comparación de los diferentes tipos de bombillas utilizadas:

LED: diodo emisor de luz	LFL: lámpara fluorescente lineal	CFL - Lámpara fluorescente compacta	Tungsteno (halógeno, HL)	GLS: servicio de iluminación general
Eficiencia 80-140 lm/W. Se espera que en el futuro supere los 200 lm/W.	Eficiencia de 80-90 lm/W	Eficiencia 50-70 lm/W.	Eficiencias típicas de 12 a 20 lm/W.	Eficiencia de alrededor de 10 lm/W.
				

Además de los electrodomésticos, la iluminación eficiente es fundamental para el diseño sostenible de los edificios. La iluminación LED, que consume hasta un 75 % menos de energía que las bombillas incandescentes tradicionales y dura mucho más, se utiliza ahora ampliamente tanto en edificios residenciales como comerciales. Estas soluciones de iluminación pueden mejorarse con controles inteligentes, como sensores de movimiento y regulación en función de la luz natural, para reducir aún más el consumo de energía mediante el ajuste automático en función de la ocupación de la habitación o los niveles de luz natural. Al incorporar estas tecnologías avanzadas, los edificios pueden lograr un ahorro energético sustancial, reducir la huella de carbono y contribuir a un futuro más sostenible. El consumo energético de los edificios puede reducirse considerablemente utilizando equipos y electrodomésticos eficientes, como los que cuentan con la certificación Energy Star. Estos electrodomésticos ofrecen el mismo o un mejor rendimiento que sus homólogos convencionales, al tiempo que funcionan de forma más eficaz.

Etiqueta energética

Tras la reescalada de la etiqueta energética de la UE para fuentes de luz a partir del 1 de septiembre de 2021, las nuevas etiquetas utilizan una escala de A (más eficiente) a G (menos eficiente). Debido a la mejora constante de la eficiencia energética, la mayoría de los productos con la etiqueta original habían pasado a A+ o A++, por lo que se realizó una reescalada para que el consumidor pudiera distinguir más claramente cuáles son los productos más eficientes del mercado. Las etiquetas proporcionan información sobre la clase de eficiencia energética y el consumo energético del producto.

El Registro Europeo de Productos para el Etiquetado Energético (EPREL) ofrece información detallada sobre los modelos comercializados en la UE mediante el escaneo del código QR que figura en las nuevas etiquetas energéticas. La base de datos proporciona información como el flujo luminoso, la temperatura de color y el tipo de casquillo [14].

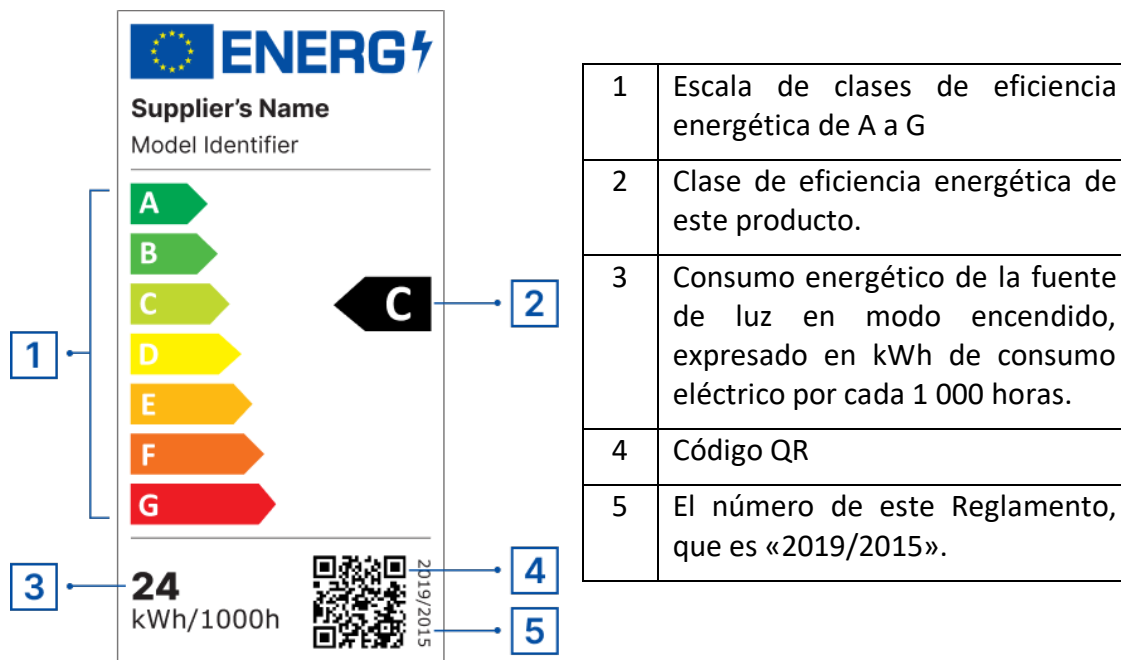


Figura 7 Ejemplo de etiqueta energética.

5.3.8. Integración de energías renovables

La integración de fuentes de energía renovables en el diseño de los edificios es un paso importante para lograr la eficiencia energética y reducir el impacto medioambiental de los edificios. Los sistemas de energía renovable, como la solar, la eólica y la geotérmica, permiten a los edificios producir energía limpia in situ, lo que reduce la dependencia de los combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Resumen de las fuentes de energía solar, eólica y otras fuentes de energía renovables para edificios

- **Energía solar:** La energía solar es la fuente renovable más común para los edificios, y se aprovecha principalmente a través de paneles fotovoltaicos (PV). Los paneles PV convierten la luz solar directamente en electricidad y pueden instalarse en tejados, fachadas o como parte de parques solares. Los sistemas solares térmicos, que utilizan el calor del sol para producir agua caliente o alimentar sistemas de climatización, también son eficaces para mejorar la eficiencia energética. Con la disminución de los costes de los paneles solares y los incentivos gubernamentales, la integración de la energía solar se ha vuelto cada vez más viable tanto para edificios residenciales como comerciales.

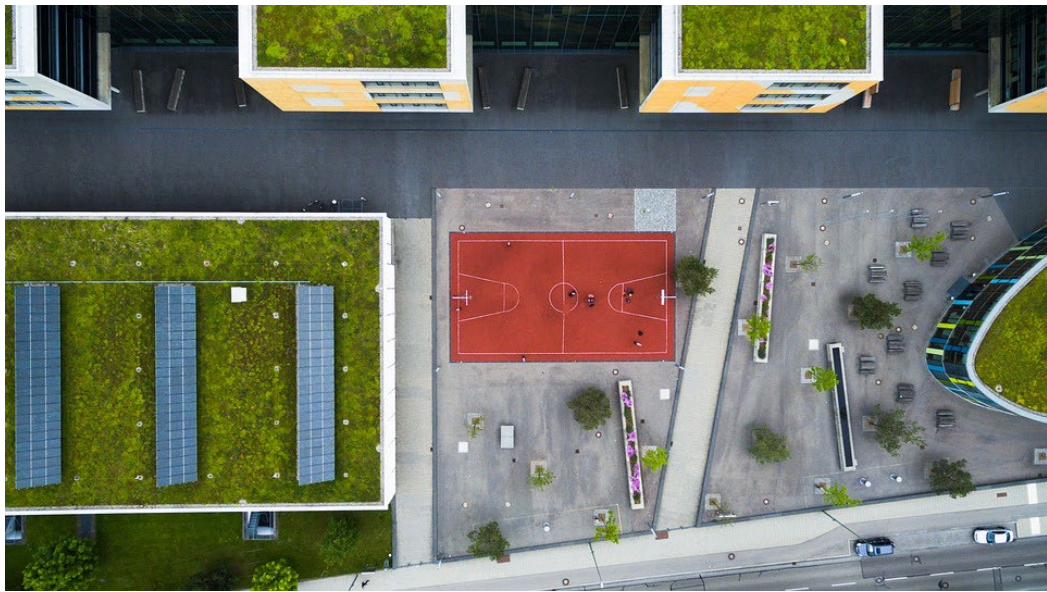


Figura 8. Paneles solares en el tejado de un edificio.

- **Energía eólica:** La energía eólica se utiliza normalmente en aplicaciones a gran escala, pero también puede integrarse en los edificios mediante turbinas eólicas a pequeña escala. Estas turbinas suelen instalarse en tejados o en espacios abiertos cercanos, donde los vientos son fuertes. Aunque es menos común en las zonas urbanas debido a consideraciones de espacio y ruido, la energía eólica es una excelente opción para los edificios situados en zonas rurales o costeras con vientos constantes.



Figura 9. Ejemplo de turbinas eólicas.

- **Energía geotérmica:** Los sistemas geotérmicos aprovechan el calor de la tierra para proporcionar calefacción y refrigeración energéticamente eficientes a los

edificios. Las bombas de calor geotérmicas transfieren el calor entre el edificio y el suelo, lo que ofrece una forma muy eficiente de regular la temperatura interior con un consumo mínimo de energía. Estos sistemas funcionan durante todo el año y son especialmente beneficiosos para edificios o instalaciones de gran tamaño con necesidades constantes de calefacción o refrigeración.

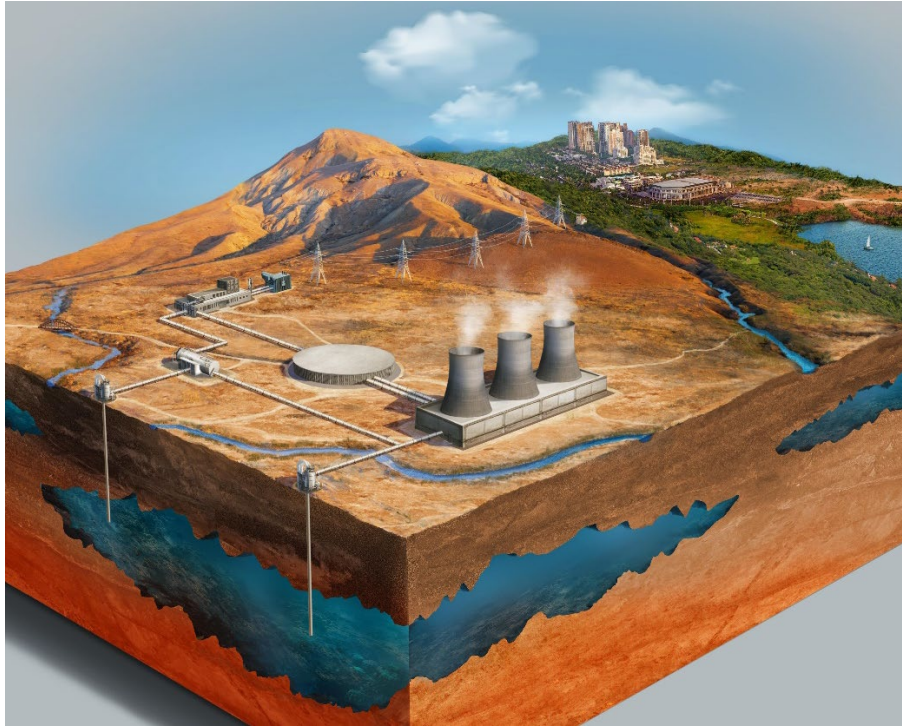


Figura 10. Ejemplo de sistemas geotérmicos.

- **Otras fuentes:** Otras opciones de energía renovable para edificios incluyen los sistemas de biomasa, que utilizan materiales orgánicos para generar calor y electricidad, y la energía hidroeléctrica, aunque esta última es más específica de cada lugar y se limita a edificios situados cerca de masas de agua. Las pilas de combustible de hidrógeno también están surgiendo como una solución de energía limpia para edificios, ya que producen electricidad a través de reacciones químicas sin combustión.

5.3.9. Tecnologías de edificios inteligentes

Las tecnologías de edificios inteligentes están transformando el funcionamiento de los edificios, permitiendo un uso más eficiente de la energía mediante la integración de automatización avanzada, sensores y redes inteligentes. Estas tecnologías mejoran la eficiencia energética al proporcionar supervisión y control en tiempo real, lo que permite ajustes dinámicos de los sistemas energéticos y optimiza el uso de los recursos en función de la ocupación del edificio y las condiciones externas.

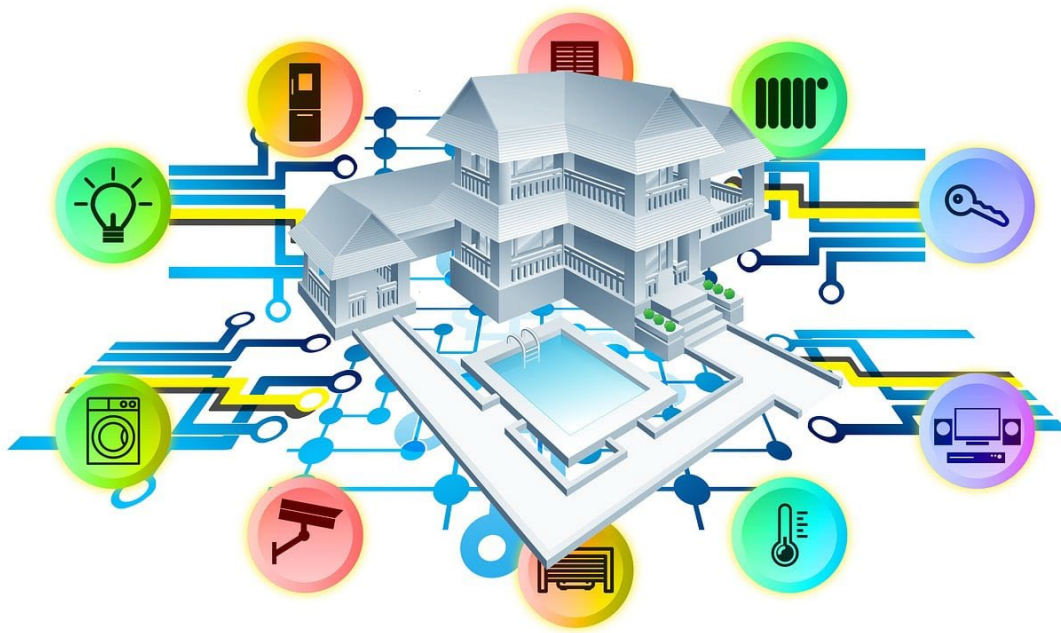


Figura 11. Variedad de tecnologías de edificios inteligentes integradas en los edificios.

Uso de la automatización, los sensores y las redes inteligentes para mejorar la eficiencia energética

- **Automatización:** La automatización en los edificios inteligentes permite el control inteligente de los sistemas de calefacción, refrigeración, iluminación y ventilación sin intervención humana. Mediante el uso de sistemas de gestión de edificios (BMS), los edificios pueden ajustar automáticamente la configuración de la climatización, los niveles de iluminación y el sombreado de las ventanas en función de parámetros preestablecidos, como la hora del día, la ocupación o incluso las condiciones meteorológicas. Esto reduce el consumo de energía al garantizar que los sistemas solo se utilicen cuando es necesario y a niveles óptimos.
- **Sensores:** Los sensores desempeñan un papel importante en los edificios inteligentes, ya que proporcionan datos en tiempo real sobre una serie de factores, como la ocupación, la temperatura, la humedad y los niveles de luz. Los sensores de ocupación pueden detectar cuándo una habitación o zona está vacía y ajustar los sistemas de iluminación o climatización en consecuencia, apagándolos o reduciendo su rendimiento. Los sensores de temperatura pueden ajustar los sistemas de climatización para mantener un ambiente interior confortable y minimizar el consumo de energía. Los sensores de luz diurna atenúan o apagan automáticamente la iluminación artificial cuando hay suficiente luz natural.
- **Redes inteligentes:** Las redes inteligentes integran fuentes de energía renovables, como la solar o la eólica, en los sistemas de los edificios y permiten que estos se comuniquen con la red energética general. Mediante el uso de contadores inteligentes y precios dinámicos, los edificios pueden trasladar el consumo de energía a horas de menor demanda, cuando la energía es más barata o más abundante, lo que reduce aún más los costes y la carga de la red.

Las redes inteligentes también permiten programas de respuesta a la demanda, en los que los edificios ajustan su consumo de energía en respuesta a las señales de la red, como la reducción del uso durante los periodos de máxima demanda para evitar la sobrecarga de la red y reducir el desperdicio de energía.

Mediante la incorporación de la automatización, los sensores y las tecnologías de redes inteligentes, los edificios pueden reducir significativamente su consumo de energía, disminuir los costes operativos y contribuir a un sistema energético más sostenible.

5.3.10. Soluciones de diseño pasivo

Los edificios que utilizan el diseño pasivo aprovechan al máximo la iluminación, la calefacción y la refrigeración naturales. Los sistemas mecánicos pueden reducirse al mínimo mediante técnicas como la orientación, el sombreado, la ventilación natural y el uso de masa térmica. El diseño pasivo aumenta el confort y el bienestar al tiempo que reduce el consumo de energía.

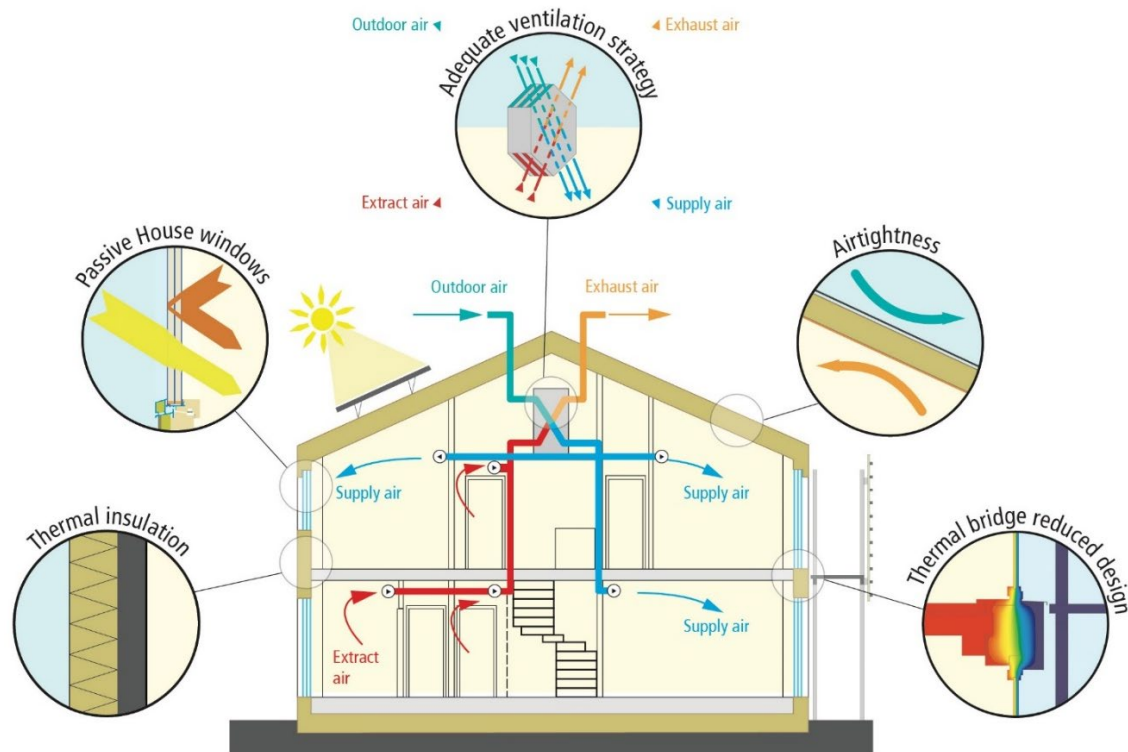


Figura 12. Diagrama de los cinco principios principales aplicados a la construcción de casas pasivas.

La orientación de un edificio juega un papel muy importante en su eficiencia energética y en el confort general. Mediante la ubicación estratégica de una estructura para maximizar la luz solar natural, especialmente en climas más fríos, se puede optimizar la calefacción solar pasiva, reduciendo la necesidad de calefacción artificial. Las ventanas orientadas al sur (en el hemisferio norte) pueden captar la mayor parte de la luz solar, mientras que los dispositivos de sombreado o los voladizos ayudan a controlar el sobrecalentamiento durante el verano. En climas más cálidos, orientar el edificio para minimizar la exposición directa al sol puede mantener los interiores más frescos y



reducir las necesidades de aire acondicionado. La dirección del viento y la ventilación también son factores importantes, ya que una orientación adecuada puede favorecer el enfriamiento natural y la circulación del aire. En general, una orientación cuidadosa del edificio ayuda a equilibrar las necesidades de calefacción, refrigeración e iluminación, mejorando significativamente el rendimiento medioambiental de una estructura.

5.3.11. Materiales de construcción sostenibles

Las prácticas de construcción sostenible recurren cada vez más al uso de materiales locales como estrategia clave para mejorar la eficiencia energética y reducir el impacto medioambiental. Los materiales locales, procedentes de regiones cercanas, ofrecen una doble ventaja: reducen significativamente la energía consumida en el transporte y, al mismo tiempo, apoyan la economía local. Al utilizar materiales fácilmente disponibles en la zona, los constructores pueden reducir las cadenas de suministro de larga distancia, que a menudo se asocian con altas emisiones de carbono debido al consumo de combustible en el transporte. Esto no solo reduce la huella medioambiental global de la construcción, sino que también minimiza los retrasos y las interrupciones en la cadena de suministro, lo que hace que el proceso de construcción sea más resistente y rentable.

Además del enfoque en el abastecimiento local, el concepto de economía circular desempeña un papel fundamental en la mejora de la sostenibilidad. Un enfoque circular de la construcción implica diseñar edificios con materiales que puedan reutilizarse, reciclarse o reutilizarse al final de su ciclo de vida. Esto reduce la demanda de materias primas y ayuda a conservar los recursos naturales. Por ejemplo, materiales como la madera recuperada, el acero reciclado o el hormigón reutilizado pueden utilizarse para construir nuevas estructuras sin necesidad de un procesamiento exhaustivo. Esto no solo reduce la energía incorporada en los materiales de construcción —es decir, la energía utilizada en su extracción, producción y transporte—, sino que también reduce los residuos de la construcción, que contribuyen de manera significativa a los vertederos y a la degradación del medio ambiente.

Además, la incorporación de los principios de la economía circular favorece los sistemas de ciclo cerrado, en los que los materiales se reciclan continuamente a través de procesos de reutilización y reciclaje. Esto contrasta con la economía lineal tradicional, en la que los recursos se extraen, se utilizan y luego se desechan. Al mantener los materiales en uso durante más tiempo, la economía circular minimiza la extracción de recursos, reduce los residuos y, en última instancia, mejora la eficiencia energética de los edificios, tanto en su construcción como durante su vida útil. De este modo, los materiales de construcción sostenibles, especialmente cuando se obtienen localmente y se utilizan en el marco de una economía circular, no solo reducen el impacto medioambiental, sino que también contribuyen a la creación de estructuras energéticamente eficientes, resilientes y duraderas. Los materiales de construcción sostenibles son esenciales para minimizar el impacto medioambiental de la construcción y mejorar la eficiencia energética global de los edificios. Estos materiales suelen proceder de recursos renovables o están diseñados para tener una menor huella medioambiental a lo largo de su ciclo de vida.



5.4 – Tendencias futuras en eficiencia energética

5.4.1. Edificios inteligentes e Internet de las cosas (IoT)

Un edificio inteligente integra sistemas avanzados de automatización que controlan diversos aspectos del funcionamiento del edificio, como la calefacción, la ventilación, el aire acondicionado (HVAC), la iluminación y los sistemas de seguridad, lo que hace que el edificio responda mejor a las necesidades y condiciones en tiempo real. Una tecnología clave que lo hace posible es el Internet de las cosas (IoT), una red de dispositivos interconectados, como sensores, termostatos y medidores, que se conectan a Internet y les permiten recopilar, intercambiar y analizar datos en tiempo real sobre el rendimiento de un edificio. En los edificios inteligentes, el IoT desempeña un papel importante en la mejora de la eficiencia energética mediante la supervisión continua de las condiciones en tiempo real, como la temperatura, la humedad, la ocupación y el consumo de energía.

Una de las aplicaciones más comunes del IoT en los edificios inteligentes es la gestión de la climatización. Los sistemas tradicionales de calefacción y refrigeración suelen funcionar de forma continua, independientemente de si los espacios están ocupados o si es necesario ajustar la temperatura. Los termostatos inteligentes, conectados a través del IoT, pueden ajustar automáticamente la temperatura en función de los datos de ocupación en tiempo real, las condiciones meteorológicas e incluso los patrones históricos de uso del edificio. Estos ajustes garantizan un uso más eficiente de la energía, reduciendo el consumo innecesario y manteniendo al mismo tiempo un ambiente confortable para los ocupantes.

Los sistemas de iluminación de los edificios inteligentes también se benefician de la integración del IoT. La iluminación inteligente, equipada con sensores de movimiento y tecnologías de aprovechamiento de la luz natural, puede ajustar automáticamente la intensidad y la duración de la iluminación en función de la ocupación y la disponibilidad de luz natural. Por ejemplo, las luces pueden atenuarse o apagarse cuando no hay nadie presente, o ajustar su intensidad para complementar la cantidad de luz solar que entra por las ventanas. Esto no solo reduce el consumo de energía, sino que también mejora el confort de los ocupantes al proporcionar unas condiciones de iluminación óptimas.

Además, los dispositivos IoT pueden ayudar a identificar ineficiencias al proporcionar datos que pueden analizarse para predecir fallos en equipos como calderas, unidades de aire acondicionado o ascensores, o recomendar tareas de mantenimiento, lo que permite a los gestores de instalaciones abordar los problemas de forma proactiva y mejorar aún más el rendimiento energético general del edificio.

Los datos generados por los dispositivos IoT también son valiosos para la planificación energética a largo plazo. Los gestores de instalaciones pueden utilizar los datos históricos para realizar un seguimiento del consumo energético a lo largo del tiempo, identificar ineficiencias y establecer objetivos de ahorro energético más precisos. Por ejemplo, el análisis de las tendencias del consumo energético durante diferentes estaciones del año o en diferentes momentos del día puede revelar oportunidades de mejora, como ajustar la configuración del sistema de climatización para adaptarlo mejor a los patrones de uso reales. Además, estos datos pueden utilizarse para comparar el

rendimiento energético del edificio con los estándares del sector o los requisitos normativos, lo que ayuda a garantizar el cumplimiento de los objetivos de eficiencia energética.

En general, la integración del IoT en los edificios inteligentes ofrece una solución potente al reto de reducir el consumo energético sin renunciar al confort de los ocupantes ni a la eficiencia operativa.

5.4.2. Avances en materiales y tecnología de la construcción

La eficiencia energética en los edificios se ha convertido en un tema fundamental para arquitectos, ingenieros y profesionales de la construcción, ya que la demanda mundial de edificios sostenibles y respetuosos con el medio ambiente sigue aumentando. Los avances en los materiales de construcción y las tecnologías de construcción están desempeñando un papel fundamental para lograr un mayor rendimiento energético, reducir la huella de carbono y mejorar la sostenibilidad general de los edificios. Desde materiales aislantes innovadores hasta ventanas inteligentes y técnicas de construcción avanzadas, estos avances están transformando la forma en que concebimos la eficiencia energética en el entorno construido.

Uno de los avances más importantes en materiales de construcción para la eficiencia energética es el desarrollo de aislantes de alto rendimiento. Los materiales aislantes tradicionales, como la fibra de vidrio, se han utilizado ampliamente durante décadas, pero los nuevos materiales ofrecen un rendimiento térmico superior y minimizan la pérdida de energía. Los aerogeles, por ejemplo, son materiales ultraligeros conocidos por sus excelentes propiedades aislantes. A pesar de ser extremadamente finos, los aerogeles pueden proporcionar un aislamiento significativamente mejor que los materiales convencionales. Del mismo modo, los paneles con aislamiento al vacío (VIP) se están popularizando para su uso en paredes y techos debido a su capacidad para ofrecer altos valores de aislamiento y ocupar menos espacio. Estos materiales avanzados ayudan a reducir la cantidad de energía necesaria para la calefacción y la refrigeración, ya que limitan la transferencia de calor entre el interior y el exterior de los edificios.

Otro material innovador utilizado para mejorar la eficiencia energética en los edificios son los materiales de cambio de fase (PCM). Los PCM tienen la capacidad de absorber y almacenar energía térmica durante el día y liberarla durante los periodos más fríos, como por ejemplo durante la noche. Al regular la temperatura interior de forma natural, estos materiales reducen la necesidad de calefacción y refrigeración artificiales, lo que disminuye el consumo de energía [15].

Las ventanas suelen ser una fuente importante de pérdida de energía en los edificios, pero los avances en la tecnología del vidrio están ayudando a mitigar este problema. El vidrio inteligente, también conocido como vidrio electrocrómico o dinámico, puede ajustar automáticamente su transparencia en función de la cantidad de luz solar o calor al que está expuesto. Durante el tiempo caluroso, el vidrio puede oscurecerse para reducir la cantidad de calor que entra en el edificio, lo que reduce la necesidad de aire

acondicionado. En condiciones más frías, el vidrio puede volverse más transparente, permitiendo que entre más luz solar y caliente de forma natural el interior [16].

Techos verdes y paredes vivas:

Los avances en las tecnologías de construcción ecológica también han dado lugar al desarrollo de techos verdes y paredes vivas, que aportan beneficios tanto estéticos como de ahorro energético. Los techos verdes, cubiertos de vegetación, ayudan a aislar los edificios absorbiendo el calor, proporcionando refrigeración natural y reduciendo el efecto de isla de calor urbano. Esto reduce la cantidad de energía necesaria para refrigerar un edificio en verano. Del mismo modo, los muros vivos —jardines verticales instalados en el exterior de los edificios— pueden mejorar el aislamiento y reducir los costes energéticos al dar sombra a las paredes y regular la temperatura de forma natural. Además de mejorar la eficiencia energética, estas características ecológicas también contribuyen a mejorar la calidad del aire y la biodiversidad en los entornos urbanos.

Prefabricación y construcción modular:

Las nuevas tecnologías de construcción, como la prefabricación y la construcción modular, están contribuyendo a la eficiencia energética al mejorar la precisión y la velocidad del proceso de construcción. Los componentes prefabricados de los edificios, como las paredes, los suelos y las secciones del techo, se fabrican en entornos controlados, lo que permite tolerancias de construcción más estrictas y una mejor integración de materiales energéticamente eficientes. Esto reduce el riesgo de fugas de aire y puentes térmicos, que pueden afectar significativamente al rendimiento energético de un edificio. La construcción modular, en la que secciones completas de un edificio se construyen fuera de la obra y luego se ensamblan in situ, también reduce los residuos y garantiza que los edificios sean más eficientes desde el punto de vista energético gracias a su diseño. Estos métodos permiten integrar desde el principio un aislamiento avanzado, ventanas de alta eficiencia y una construcción hermética.

La continua evolución de los materiales y tecnologías de construcción ofrece numerosas oportunidades para mejorar la eficiencia energética de los edificios modernos, lo que contribuye a reducir el consumo de energía y a mejorar el confort y la sostenibilidad. A medida que estos materiales y tecnologías se vayan adoptando de forma más generalizada, desempeñarán un papel esencial en la creación de edificios que no solo cumplan, sino que superen, las normas de eficiencia energética, contribuyendo a un entorno construido más sostenible y resiliente.

Referencias

1. Reglamento técnico de construcción STR 2.01.02:2016 *Diseño y certificación del rendimiento energético de los edificios*. [D1-754 Dėl statybos techninio reglamento STR 2.01.02:2016 «Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir...»](#) (consultado el 7 de junio de 2024)
2. Eficiencia energética. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/energy-efficiency> (consultado el 7 de junio de 2024).



3. Comisión Europea. *Directiva sobre el rendimiento energético de los edificios*. https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en (consultado el 7 de junio de 2024).
4. Comisión Europea. *Enfoque: Eficiencia energética en los edificios*. https://commission.europa.eu/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-02-17_en (consultado el 7 de junio de 2024).
5. Comisión Europea. *Estrategia a largo plazo para 2050*. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-climate-law_en (consultado el 7 de junio de 2024).
6. Deringer, J. J., Iyer, M. y Huang, Y. J. (2004). ¿Transferido solo sobre el papel? ¿Por qué la realidad de la transferencia/adaptación de los códigos y normas de eficiencia energética no se acerca al potencial? En *Actas del Estudio de Verano sobre Eficiencia Energética en Edificios del Consejo Americano para una Economía Energéticamente Eficiente (ACEEE) de 2004*.
7. *Certificaciones de edificios sostenibles: una visión general*. <https://hagergroup.com/en/blog/sustainability/sustainable-building-certifications> (consultado el 10 de junio de 2024).
8. Martinaitis, V., Rogoža, A. y Šiupšinskas, G. (2012). *Energijos vartojimo pastatuose auditas*. Vilna: Technika. 124 p.
9. Kylili, A., Fokaides, P. A. (2015). *Ciudades inteligentes europeas: el papel de los edificios de energía cero*. Ciudades y sociedades sostenibles. Volumen 15, 86-95 p.
10. Centro EPB. *Directiva sobre el rendimiento energético de los edificios (EPBD)*. <https://epb.center/epb-standards/energy-performance-buildings-directive-epbd/> (consultado el 11 de junio de 2024).
11. Asociación Europea de Sistemas Compuestos de Aislamiento Térmico Exterior. *Acerca de ETICS*. <https://www.ea-etics.com/etics/about-etics/> (consultado el 12 de junio de 2024).
12. ISO: Organización Internacional de Normalización. *ISO 9972:2015 Rendimiento térmico de los edificios. Determinación de la permeabilidad al aire de los edificios*. <https://www.iso.org/standard/55718.html> (consultado el 13 de junio de 2024).
13. Comisión Europea. *Productos eficientes desde el punto de vista energético. Fuentes de luz*. https://energy-efficient-products.ec.europa.eu/product-list/light-sources_en (consultado el 14 de septiembre de 2024).
14. EPREL - Registro Europeo de Productos para el Etiquetado Energético. <https://eprel.ec.europa.eu/screen/home> (consultado el 14 de septiembre de 2024).
15. Lisa Liu, Nadia Hammami, Lionel Trovalet, Dimitri Bigot, Jean-Pierre Habas, Bruno Malet-Damour (2022). *Descripción de los materiales de cambio de fase (PCM) utilizados en edificios bajo diversos climas: una revisión*. Journal of Energy Storage, vol. 56, parte A, 2022.



16. Neurojet. *Ventanas inteligentes para edificios inteligentes; Guía completa 2024.*
<https://neuroject.com/smart-windows/> (consultado el 10 de octubre de 2024).

Figura Portada <https://pixabay.com/illustrations/save-energy-energy-saving-7382276/>

Figura 4 <https://globalescolha.pt/servicos/sistema-etics/>

Figura 5

<https://www.flickr.com/photos/mitopencourseware/3039165614/in/photostream>

Figura 6 <https://pixabay.com/photos/hall-roof-ventilation-2560454/>

Figura 7 https://energy-efficient-products.ec.europa.eu/product-list/light-sources_en

Figura 8 <https://pixabay.com/photos/architecture-building-residences-2564183/>

Figura 9 <https://pixabay.com/photos/wind-power-landscape-clouds-heaven-1357419/>

Figura 10 https://www.freepik.com/free-photo/high-angle-model-renewable-energy-with-geothermal-power_16713400.htm#fromView=search&page=1&position=1&uuid=df846b64-5988-45fb-8c9b-714b1b6f46e0

Figura 11 <https://pixabay.com/illustrations/smart-home-house-technology-2769239/>

Figura 12 https://passiv.de/en/02_informations/02_passive-house-requirements/02_passive-house-requirements.htm

Figura 13 <https://pixabay.com/illustrations/computer-technology-connected-8045000/>

6 - Resultados

Para evaluar el éxito de la aplicación, sugerimos a los alumnos que respondan a un cuestionario.

7- Lo que hemos aprendido

Conocimientos básicos sobre la eficiencia energética en los edificios.

Diversas soluciones pasivas y activas aplicadas en el edificio para lograr una mayor eficiencia energética.

Familiarizarse con las tendencias futuras en materia de eficiencia energética en los edificios y los avances en materiales y tecnologías.