



La envolvente está formada por paredes, suelo, techo, ventanas y puertas. La envolvente del edificio es la separación física entre el interior y el exterior del edificio y, por lo tanto, es primordial para el consumo de energía y el confort térmico en los edificios.

La calidad de la envolvente del edificio, junto con el comportamiento del usuario, determinan la cantidad de energía necesaria del sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC en sus siglas en inglés) para el confort térmico. Ciertos sistemas HVAC mejoran la sostenibilidad energética del edificio; por ejemplo, calefacción solar o calderas de biomasa.

Como primer paso, verifique el estado actual de la envolvente de su edificio para determinar si puede consumir menos energía para lograr confort térmico. Posteriormente, verifique el estado y la eficiencia de su sistema HVAC para minimizar su consumo energético.



FACTORES CLAVE:

- ✓ La calefacción y refrigeración representan hasta el 50% del consumo energético total en climas fríos y más del 60% en el sector residencial en países de clima frío
- ✓ Configurar el termostato a 20-21°C en invierno y 25-26°C en verano (temperaturas consigna para el confort térmico) puede ahorrar hasta 30% de energía en calefacción y refrigeración
- ✓ El diseño y las características de la envolvente del edificio afectan el confort y la productividad

Conceptos clave:

- ✓ Valor U: mide la efectividad de un material como aislante. Cuanto mejor aislada esté una estructura, menor será su valor U (en W/m²K)
- ✓ COP: Rendimiento del equipo

Nomenclatura:

- ✓ BC/AC: Bomba de Calor/Aire Acondicionado
- ✓ EE: Eficiencia energética
- ✓ HVAC: Calefacción, ventilación y aire acondicionado (en sus siglas en inglés)
- ✓ HCFC: HidroCloroFluoroCarbonados

Visión general de las posibles medidas de Eficiencia Energética





Mejorar la envolvente del edificio

Para mejorar el aislamiento de las paredes, existe una amplia variedad de materiales disponibles en el mercado. Factores tales como el tipo de construcción de la pared, la ubicación de la propiedad y el coste influirán en la estrategia de la renovación y en la selección del aislamiento interno, externo o del relleno de la cavidad. Para la rehabilitación de edificios, el aislamiento externo es una opción ideal, ya que elimina los puentes térmicos y reduce las pérdidas de calor. En edificios históricos o donde se debe mantener el aspecto de la fachada, se debe considerar el aislamiento interno.

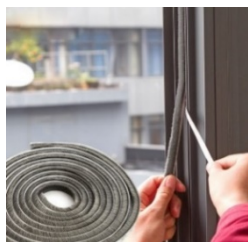
😊 Medidas de baja inversión

Pequeñas reparaciones de la envolvente

Las infiltraciones de aire pueden ocurrir a través de pequeñas brechas en el borde de puertas y ventanas, o en cavidades en las paredes, especialmente en la unión entre dos materiales de construcción. Para sellarlos, use tiras autoadhesivas de material aislante (como silicona, masilla) para disminuir las infiltraciones de aire.

→ Beneficios:

- ⇒ Reducción de infiltraciones de aire y, por tanto, menos pérdidas de calor
- ⇒ Instalación rápida, económica y sencilla
- ⇒ Mejora rápida de las condiciones de confort



→ Desventajas:

- ⇒ Para ventanas antiguas, el reemplazo de ventanas puede ser la única solución efectiva
- ⇒ La mejora de la hermeticidad puede aumentar la condensación, debido al aire húmedo atrapado dentro del edificio
- ⇒ Durabilidad limitada

→ Coste inicial:

- ⇒ Bajo coste inicial: por ejemplo, el burlete de goma es de bajo coste, alrededor de 0.5 €/m²

✓ Ahorros energéticos de hasta el 40%

Instalar sombreado solar interno

Las cortinas o persianas protegen los espacios interiores de la radiación solar directa, evitando el sobrecalentamiento y el deslumbramiento.

→ Beneficios:

- ⇒ Reducción de la demanda de refrigeración
- ⇒ Mejora del confort térmico
- ⇒ Disminución de reflejos debidos a la luz solar
- ⇒ Posibilidad de regular la luz entrante y aumentar la privacidad
- ⇒ Instalación económica y sencilla

→ Desventajas:

- ⇒ Las cortinas y persianas a menudo se decoloran con la exposición al sol

- ⇒ La radiación solar directa todavía pasa a través de la ventana, por lo que la protección contra el sobrecalentamiento es limitada
- ⇒ El comportamiento del usuario determina la eficiencia

→ Coste inicial:

Bajo coste inicial



✓ Ahorro de energía del 10-15%
✓ Muchas opciones de cortinas y persianas

😊 Medidas de alta inversión

Añadir o aumentar el aislamiento externo

Una capa adicional de aislamiento en la cara externa de las paredes o techos reducirá su valor U y, por lo tanto, las pérdidas térmicas. Se añade un acabado

exterior sobre el mismo, generalmente de mortero, para proteger el aislamiento.



Esta medida es particularmente interesante para envolventes de espacios permanentemente ocupados.

✓ 15 - 20% de las pérdidas de calor totales del edificio son a través del techo

→ Beneficios:

- ⇒ Carga mínima añadida a la estructura
- ⇒ El espacio habitable no se reduce
- ⇒ Mínima perturbación para los ocupantes
- ⇒ En techos, aumenta la durabilidad de impermeabilización
- ⇒ En techos inclinados, el desván/ático se vuelve más adecuado como espacio habitable

Añadir o aumentar el aislamiento interno

Coloque el aislamiento térmico en las capas internas de las fachadas y las paredes divisorias, y luego añada un acabado interno (por ejemplo, paneles de cartón yeso). Como consecuencia, la masa térmica disminuye, lo que permite un calentamiento más rápido de las áreas interiores.

→ Beneficios:

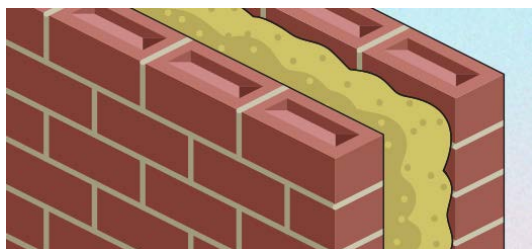
- ⇒ Instalación más fácil que el aislamiento externo, evitando andamios
- ⇒ Se mantiene la apariencia de la fachada externa
- ⇒ Más barato que el aislamiento externo

→ Desventajas:

- ⇒ Riesgo de condensación

Añadir aislamiento en las cámaras de aire de las paredes

La cámara de aire en las paredes se puede llenar con material aislante para reducir el valor U de la pared y, por lo tanto, las pérdidas térmicas a través de las paredes. Esta solución requiere atención especial a la evaluación de factibilidad y a su ejecución.



→ Desventajas:

- ⇒ No recomendado en edificios altos, generalmente expuestos a vientos más fuertes.
- ⇒ Es posible que necesite quitar primero el techo externo (baldosas o pavimento)

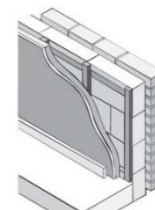
→ Coste inicial:

- ⇒ Paredes: entre 120-150 €/m² dependiendo de si la instalación es in-situ o paneles prefabricados
- ⇒ Los sistemas ligeros basados en aislamiento EPS (poliestireno expandido) son más económicos que los sistemas pesados, aislados con XPS (poliestireno extruido)
- ⇒ Techados: entre 130-160 €/m²

- ⇒ Se reduce la superficie habitable disponible
- ⇒ El tratamiento de puentes térmicos es costoso
- ⇒ Evitar en áreas con problemas de humedad
- ⇒ El calor almacenado durante el día en la fachada no se irradia dentro

→ Coste inicial:

- ⇒ Paredes: entre 30-50 €/m²
- ⇒ Suelos: entre 50-80 €/m²
- ⇒ Techados: entre 20-40 €/m²



✓ Reducción de pérdidas de calor de hasta el 60% en comparación con las paredes no aisladas

→ Beneficios:

- ⇒ Se mantiene la apariencia de fachada externa
- ⇒ Más barato que el aislamiento externo
- ⇒ No se reduce la superficie habitable disponible

→ Desventajas:

- ⇒ Necesita técnicas sofisticadas para verificar el resultado (como cámaras termográficas)
- ⇒ Puede dar lugar a la formación de puentes térmicos

→ Coste inicial:

- ⇒ Sobre los 20-30 €/m²

Reemplazar ventanas

Reemplace las ventanas ineficientes de acristalamiento sencillo con marcos de metal sin rotura de puente térmico (valor U generalmente superior a $4 \text{ W/m}^2\text{K}$), con ventanas eficientes con doble/triple acristalamiento y marcos de aluminio con rotura de puente térmico, PVC o marcos de madera (valor U de $1.7\text{-}3.5 \text{ W/m}^2\text{K}$).



→ Beneficios:

- ⇒ Menos pérdidas de calor
- ⇒ Reducción de los problemas de condensación
- ⇒ Mejora el aislamiento acústico
- ⇒ Los marcos de madera son más sostenibles y regulan la humedad naturalmente dentro del edificio
- ⇒ Los marcos de aluminio no se ven afectados por las condiciones climáticas y la humedad

→ Desventajas:

- ⇒ Los marcos de aluminio se quedan más fríos que los marcos de madera y PVC
- ⇒ La humedad puede condensarse en invierno en marcos de aluminio, que pueden corroerse con el tiempo
- ⇒ Los marcos de madera no se recomiendan en áreas con fuerte viento y lluvia

→ Mantenimiento (para marcos de madera):

- ⇒ Preste especial atención a la carcoma: utilice productos químicos para combatirlos
- ⇒ Los marcos de madera requieren más mantenimiento. Se recomienda aplicar un recubrimiento cada dos años
- ⇒ Use resina o insecticidas para tratar o evitar la aparición de organismos (hongos/insectos)

→ Coste inicial (crisol + marco):

- ⇒ Aluminio con puente térmico o madera: $370\text{-}400 \text{ €/m}^2$
- ⇒ PVC: sobre 350 €/m^2

- ✓ Hay varios tipos de marcos disponibles según sus necesidades: aluminio con rotura de puente térmico en diferentes colores, PVC o madera.
- ✓ Alto potencial de ahorro de energía: hasta 50% de ahorro en calefacción y refrigeración

Instalar protecciones solares externas

Varias opciones: persianas, toldos y contraventanas. En invierno, cerrarlas por la noche reduce las pérdidas térmicas a través de las ventanas. En verano, protegen los espacios interiores de la radiación solar directa, evitando el sobrecalentamiento.



→ Beneficios:

- ⇒ Reducción de las necesidades de refrigeración y calefacción

- ⇒ Mejora del confort térmico
- ⇒ Protegen las ventanas de la climatología
- ⇒ Disminuyen el deslumbramiento debido a los rayos solares
- ⇒ Posibilidad de regular la transmisión de luz y aumentar la privacidad.

→ Desventajas:

- ⇒ La exposición directa a la climatología reduce su vida útil
- ⇒ El comportamiento del usuario determina la eficiencia
- ⇒ Los esfuerzos y necesidades de instalación varían con el tipo de fachada

- ✓ Disponible en diferentes soluciones y materiales arquitectónicos.
- ✓ En cortinas de lamas, la configuración de inclinación manual o automática permite el control de la radiación solar y el confort térmico
- ✓ Las persianas y las contraventanas pueden reducir la pérdida de calor a través de las ventanas en un 10-20%



➔ **Mantenimiento:**

- ⇒ Requiere limpieza periódica que puede no ser fácil
- ⇒ La suciedad puede causar moho y el crecimiento de hongos

- ⇒ Para evitar daños, enrolla toldos y persianas de tela durante tormentas fuertes

➔ **Coste inicial:**

- ⇒ Dependiendo de la protección solar: 30-50 €/m²

Mejorar el sistema HVAC

Las necesidades de calefacción en los edificios a menudo se satisfacen con calderas, radiadores eléctricos y bombas de calor (BC). Las necesidades de refrigeración se satisfacen principalmente con unidades de aire acondicionado (AC). Las unidades de AC han evolucionado y la mayoría de ellas también pueden proporcionar calefacción (modo bomba de calor, BC).

😊 **Medidas de baja inversión**

Mantenimiento adecuado

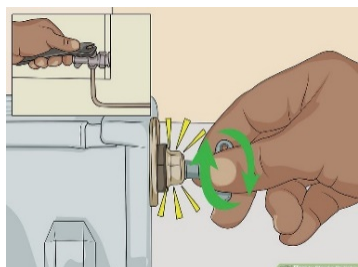
Es esencial mantener adecuadamente los sistemas de calefacción y aire acondicionado para evitar fallos de funcionamiento, preservar su eficiencia y prolongar su vida útil.

Limpie las superficies del radiador

El polvo en la superficie del radiador actúa como una capa de aislamiento, reduciendo el calor transferido al entorno.

Purga de radiadores anualmente

El aire atrapado en los radiadores de agua caliente reduce el calor transferido a los alrededores. Por lo tanto, debes purgar los radiadores anualmente para eliminar el aire.



Mantenimiento adecuado de la caldera

Es necesario un mantenimiento periódico de la caldera para verificar que los parámetros de combustión estén dentro de los valores recomendados y que los quemadores estén limpios. Esto proporciona un óptimo rendimiento de la combustión y funcionamiento óptimo de la caldera.

Limpieza de los intercambiadores de calor de la bomba de calor y del aire acondicionado

La limpieza regular de la superficie del lado del agua de los intercambiadores de calor en los sistemas BC/AC es crucial para garantizar un funcionamiento adecuado y una alta eficiencia. Este mantenimiento preventivo minimizará los costes de operación y mantenimiento.

✓ Ahorro de energía de alrededor del 5-15% sin o por muy poco coste

Pequeñas reparaciones y reemplazos del sistema

Periódicamente mantener y reemplazar los filtros de aire de la BC/AC

Los sistemas BC/AC tienen filtros de aire para reducir la cantidad de polvo que llega a las bobinas mojadas, evitando la generación de moho, lo que reduciría la eficiencia del sistema. Para garantizar un rendimiento adecuado del sistema, los filtros de aire deben seleccionarse adecuadamente y reemplazarse regularmente, para evitar filtros obstruidos que reducen el flujo de aire y causan una distribución irregular del aire.

➔ **Beneficios:**

- ⇒ Mejorar la calidad del aire

- ⇒ Reducción de costes de operación

➔ **Desventajas:**

- ⇒ Puede requerir técnicos especializados para su instalación

✓ Hasta 50% de reducción de pérdidas por ventilación en edificios donde la ventilación mecánica está encendida todo el día

Aumentar o reparar aislamiento en el sistema de distribución de BC/AC

Los conductos y tuberías en el sistema de distribución de BC/AC deben estar adecuadamente



aislados para reducir las pérdidas de energía y mejorar el rendimiento del sistema.

➔ **Beneficios:**

- ⇒ Evitar lesiones por contacto con superficies calientes
- ⇒ Reducción de costes de operación

➔ **Coste inicial:**

- ⇒ Dependiendo del tipo de aislamiento, pero alrededor de 50-90 €/m

✓ **Hasta un 70% de reducción de pérdidas de energía con respecto a los sistemas de distribución no aislados**

Recargar periódicamente las bombas de calor y unidades de aire acondicionado

El circuito de refrigerante en unidades HVAC pierde presión con el tiempo, lo que reduce la eficiencia del

Añadir dispositivos de eficiencia energética

Instalar válvulas termostáticas

Las válvulas termostáticas permiten la selección de diferente temperatura de consigna seleccionada por el usuario en diferentes habitaciones, abriendo o cerrando automáticamente el flujo de agua caliente según sea necesario. Para instalar estos dispositivos en radiadores o fancoils, el circuito debe vaciarse y la válvula de cierre debe reemplazarse.



➔ **Beneficios:**

- ⇒ La temperatura se puede ajustar en cada habitación
- ⇒ Las válvulas termostáticas de control remoto permiten calentar diferentes áreas del edificio siguiendo un programa específico establecido por el usuario
- ⇒ Fácil implementación

➔ **Coste inicial:**

- ⇒ Alrededor de 40 €/válvula

✓ **Reducción del 10-15% en el consumo de calefacción**

Instale un amplificador en el radiador

Un amplificador de radiador es un tubo telescópico que se coloca sobre un radiador. Un pequeño ventilador termostático extrae el calor atrapado detrás del radiador y lo distribuye de manera más uniforme.

sistema. Se debe recargar periódicamente. Si se usan HCFC, deben reemplazarse con refrigerantes a base de HidroCarbonos (HC).

➔ **Beneficios:**

- ⇒ Si se utilizan HC como refrigerantes no se causan daños en la capa de ozono
- ⇒ Los refrigerantes basados en HC necesitan menos cantidad (kg) por la misma carga
- ⇒ Mejora del confort térmico (valores de temperatura alcanzados más rápidamente)

➔ **Desventajas:**

- ⇒ Los HC no superan el rendimiento de los HCFC

➔ **Coste inicial:**

- ⇒ Dependiendo del refrigerante y la carga, alrededor de 100-200 €/carga

➔ **Beneficios:**

- ⇒ Calienta alrededor de un 15% más rápido la habitación

➔ **Desventajas:**

- ⇒ Pequeño ruido del ventilador



➔ **Coste inicial:**

- ⇒ Alrededor de 35 €/unidad

Instalar un sistema de recuperación de calor en el aire de ventilación

Los sistemas de recuperación de calor permiten el intercambio de calor entre el aire interior exhausto de salida y el aire exterior. El aire interior precalienta el aire ambiente frío en invierno, mientras que, en verano, enfría el aire ambiente antes de ingresar al edificio.

➔ **Beneficios:**

- ⇒ Reducir el consumo de electricidad

➔ **Desventajas:**

- ⇒ Podría ser técnicamente complejo utilizar de manera eficiente el calor de baja calidad del aire exhausto que sale del edificio
- ⇒ Los intercambiadores de calor tienden a ser grandes para recuperar cantidades significativas, lo que aumenta el coste

✓ **Reducción de alrededor del 10% en el consumo de calefacción**



😊 Medidas de alta inversión

Reemplazar sistema de calefacción

Las calderas convencionales tienen una eficiencia bastante baja (generalmente por debajo del 80%).

Instalar una caldera de condensación

Esta caldera de alta eficiencia genera agua a baja temperatura (40-60 °C), con bajas emisiones de CO₂ y NO_x. Se logran altas eficiencias gracias al uso del calor latente liberado por la condensación del vapor de agua en los gases de combustión.

➔ Beneficios:

- ⇒ Mayor eficiencia que las calderas convencionales
- ⇒ Compatible con los radiadores existentes y la calefacción por suelo radiante
- ⇒ Mejor ajuste de carga
- ⇒ No hace ruido
- ⇒ Controles más simples

➔ Desventajas:

- ⇒ Necesita drenaje por condensación

➔ Coste inicial:

- ⇒ Entre 20-30 €/kW

✓ Hasta un 25% de ahorro de energía de calefacción en comparación con las calderas convencionales

Instalar una caldera de biomasa

Hay calderas para varios tipos de biomasa, como pellets de madera, chips o troncos. Todos ellos tienen sistemas automáticos de regulación de encendido y algunos tienen sistemas de eliminación de cenizas para facilitar el funcionamiento. Las calderas alimentadas con pellets son más compactas y eficientes que otras calderas de biomasa debido a su mayor poder calorífico, mayor compactidad y facilidad de manejo del combustible.

➔ Beneficios:

- ⇒ La biomasa es una energía renovable
- ⇒ La biomasa es neutra en carbono
- ⇒ Ampliamente disponible
- ⇒ Potencialmente disponible a nivel local como subproducto a un coste competitivo
- ⇒ Más eficiente que las calderas convencionales

➔ Desventajas:

- ⇒ Dependiendo del tipo de biomasa, pueden requerir más espacio y operaciones y mantenimiento más exigentes

➔ Coste inicial:

- ⇒ Entre 35-75 €/kW, o 50-90 €/m²



Instalar una bomba de calor geotérmica

Las bombas de calor geotérmicas utilizan el suelo como fuente de calor (en invierno) o como disipador de calor (en verano) para proporcionar calefacción, refrigeración y agua caliente. Aprovechan las temperaturas moderadas del suelo para aumentar la eficiencia y reducir los costes de operación de las bombas de calor y los sistemas de aire acondicionado.

➔ Beneficios:

- ⇒ Pueden alcanzar COP altos, de 3 a 6, en días fríos de invierno, en comparación con 1.75-2.5 para bombas de calor de aire
- ⇒ En comparación con las bombas de calor de aire, son más silenciosas, duran más, necesitan poco mantenimiento y no dependen de la temperatura del aire exterior
- ⇒ Garantizado razonablemente por los fabricantes, con una vida útil de 25 años para los componentes internos y más de 50 años para el bucle de tierra

✓ Alrededor del 30-50% de ahorro de energía en comparación con los sistemas tradicionales

➔ Desventajas:

- ⇒ Requiere excavación y no se puede utilizar en todo tipo de terrenos
- ⇒ Cada unidad requiere servicios eléctricos y de fontanería

➔ Coste inicial:

- ⇒ Los costes de instalación son mayores que para los sistemas convencionales, pero la diferencia se suele recuperar en ahorros de energía en 3 a 10 años



Sustituir radiadores eléctricos o calentadores personales con bombas de calor

Las bombas de calor tienen una eficiencia considerablemente mayor (COP de 2-3) que los radiadores eléctricos. Por cada unidad de electricidad, generan 2-3 unidades de calor, mientras que los radiadores eléctricos generan menos de 1 unidad.

➔ Beneficios:

- ⇒ La mayoría de las bombas de calor actuales también funcionan en modo inverso, produciendo aire frío para enfriar en verano

✓ Más del 50% de ahorro de energía en comparación con los radiadores eléctricos

➔ Desventajas:

- ⇒ Bajo rendimiento en climas severos
- ⇒ El confort térmico se pierde poco después de que se apaga la unidad (calefacción a través de aire caliente en lugar de calor radiante en los radiadores)

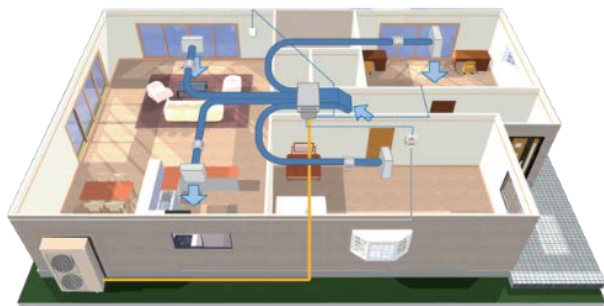
➔ Coste inicial: 40-80 €/m²

Instalar calderas de microcogeneración

Una caldera de cogeneración produce calor como una caldera normal, pero utiliza los gases de

Instalar un sistema de flujo de refrigerante variable

Los sistemas de flujo de refrigerante variable son sistemas aire-aire o aire-agua que consisten en una unidad exterior y varias unidades interiores con sistemas de control individuales. Estos controles independientes permiten ajustar diferentes puntos de temperatura de consigna en cada habitación, por lo que son particularmente interesantes en edificios con diferentes necesidades de calefacción/refrigeración en diferentes habitaciones.



combustión para impulsar un generador de electricidad que puede alimentar cargas eléctricas en el edificio. Existen diferentes tipos de unidades de cogeneración según el combustible: pilas de combustible, motores Stirling, turbinas de gas, turbinas de vapor y ciclos orgánicos de Rankine.

➔ Beneficios:

- ⇒ Generación de agua caliente y electricidad de la misma fuente
- ⇒ Reducción de las emisiones de CO₂ gracias a la generación de electricidad in situ, evitando las pérdidas de distribución

✓ 20-25% de ahorro de la factura eléctrica gracias a la generación simultánea de electricidad y calefacción

➔ Desventajas:

- ⇒ Debe haber una demanda de calefacción y electricidad bastante constante, ya que ambas se generan simultáneamente

➔ Coste inicial:

- ⇒ Unidad de cogeneración de gas: alrededor de 9000 € para una unidad de 24/1.0 kW
- ⇒ Pila de combustible de microcogeneración: alrededor de 18.000-20.000 €

➔ Beneficios:

- ⇒ Mejora del confort térmico.
- ⇒ COP alto estacional
- ⇒ Proporciona calefacción y refrigeración desde la misma unidad terminal

➔ Desventajas:

- ⇒ Las fugas de refrigerante pueden ser difíciles de encontrar y reparar, especialmente en espacios de difícil acceso
- ⇒ Si se requiere ventilación mecánica, se necesita un sistema de ventilación separado

➔ Coste inicial:

- ⇒ Sistema Inverter (BC+AC): 150-450 €/kW

✓ Hasta 2-2,5 veces más caro que los sistemas convencionales de AC, pero hasta un 50% de ahorro de energía