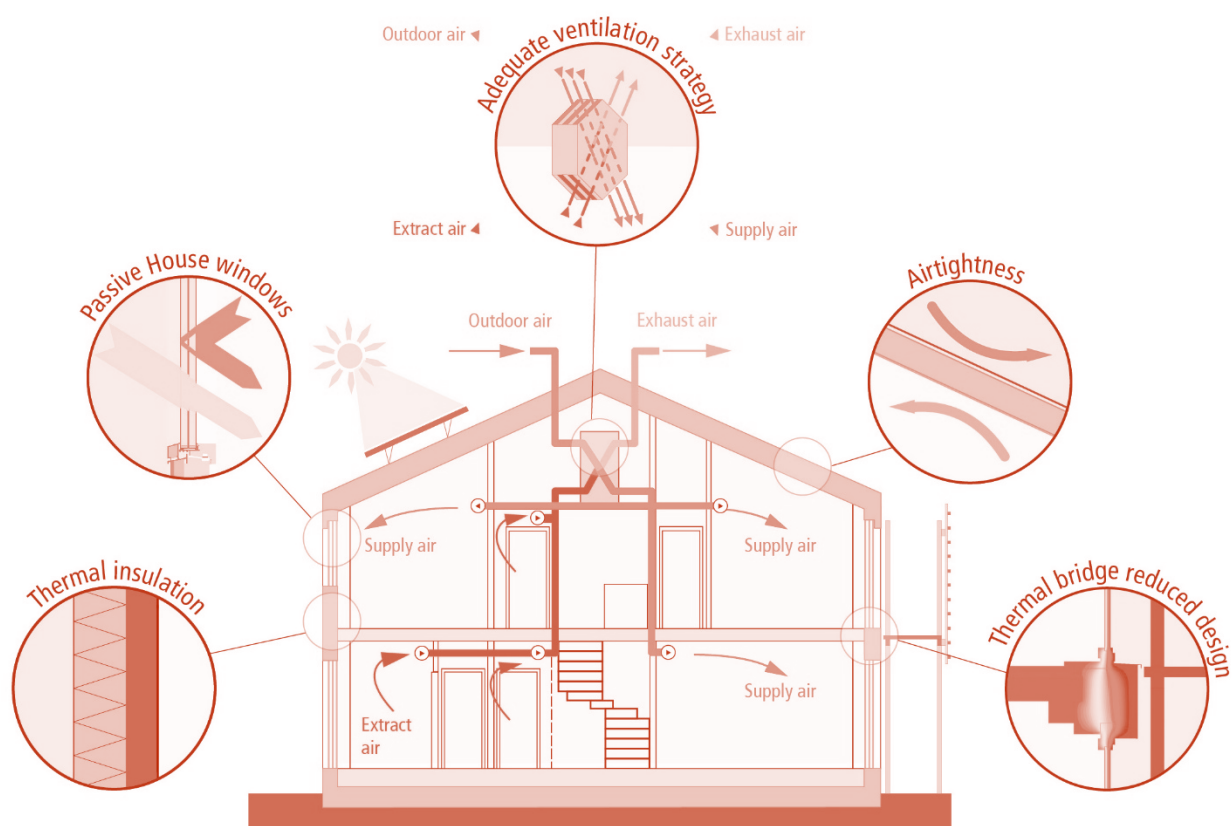


Proyecto Erasmus+ ID: 2023-1-ES01-KA220-HED-000156652

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: Casas pasivas



1 – Objetivos.

Los objetivos de este tutorial sobre casas pasivas son los siguientes:

1. Comprender los principios de las casas pasivas: adquirir conocimientos sobre los principios fundamentales del diseño y el funcionamiento de las casas pasivas, su impacto en la eficiencia energética y el confort de los ocupantes.
2. Identificar los componentes clave: aprender a reconocer y comprender los elementos esenciales de una casa pasiva, como el aislamiento térmico, la estanqueidad, la ventilación con recuperación de calor, la utilización de la energía solar y la prevención de puentes térmicos.
3. Reconocer las oportunidades de ahorro energético: analizar cómo las tecnologías de las casas pasivas ayudan a reducir los costes de calefacción, refrigeración y electricidad, y evaluar sus beneficios económicos.
4. Promover la construcción sostenible: introducir tecnologías de construcción respetuosas con el medio ambiente y soluciones de energía renovable para reducir el impacto climático de los edificios.
5. Aplicación práctica: desarrollar la capacidad de evaluar el rendimiento energético de los edificios, seleccionar los materiales y tecnologías adecuados y aplicar los principios de las casas pasivas a proyectos de construcción reales.

2 - Metodología de aprendizaje.

El profesor dará una explicación sobre las casas pasivas durante aproximadamente 1 hora.

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

- Introducción a las casas pasivas
 - Concepto de casa pasiva
 - Contexto histórico de las casas pasivas
- ¿Por qué construir una casa pasiva?
 - Ahorro energético
 - Confort
 - Sostenibilidad a largo plazo
 - Reducción del impacto del cambio climático
- Principios de las casas pasivas
 - Aislamiento térmico
 - Importancia de la conservación del calor
 - Tipos de materiales aislantes
 - Importancia del coeficiente de transferencia térmica (valor U)
 - Hermeticidad
 - Hermeticidad de los edificios
 - Pruebas de hermeticidad
 - Medidas prácticas para garantizar la hermeticidad
 - Ventilación eficiente con recuperación de calor

- La importancia de la calidad del aire para la salud y el confort
 - Eficiencia en la recuperación de energía
- Ventanas y puertas
 - Triple acristalamiento
 - Energía solar mediante una orientación adecuada del edificio
- Eliminación de puentes térmicos
 - Impacto de los puentes térmicos en las pérdidas energéticas
 - Soluciones estructurales

Para evaluar el éxito de la aplicación, sugerimos realizar un cuestionario a 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 informática con ordenadores con acceso a Internet.

Software necesario: Microsoft Office.

5 – Contenidos y tutorial.

5.1 – Introducción a las casas pasivas.

5.1.1. Concepto de casa pasiva.

Durante las últimas décadas, se ha hablado y debatido mucho sobre la preservación de la naturaleza y, en los últimos años, se ha trabajado mucho para reducir el uso de los recursos energéticos, lo que ha llevado a la creciente popularidad de las viviendas energéticamente eficientes.

Una casa pasiva es un edificio energéticamente eficiente diseñado para proporcionar el máximo nivel de confort, utilizando la mínima cantidad de energía para calefacción y refrigeración, y empleando tecnologías eficientes de aislamiento, hermeticidad y ventilación. Una casa pasiva se basa en el principio de que la mayor parte de la demanda energética se satisface con fuentes pasivas, como la energía solar y el calor humano, mientras que la parte restante se cubre con fuentes renovables, lo que se traduce en unos costes de funcionamiento extremadamente bajos.

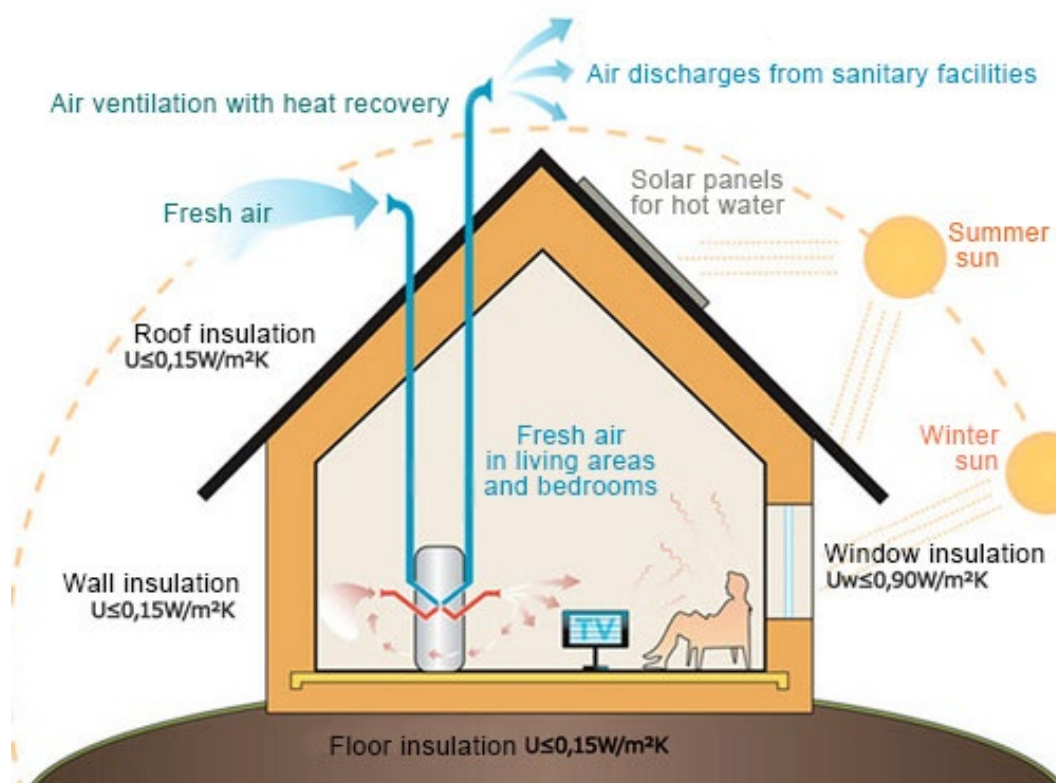


Figura 1. Los cinco principios clave de la casa pasiva.

5.1.2. Contexto histórico de las casas pasivas

El concepto Passivhaus se desarrolló en Alemania en 1990, en colaboración entre el profesor Wolfgang Feist (fundador del Passivhaus Institute) y el investigador sueco Bo Adamson. El objetivo de estos dos expertos era desarrollar una norma de construcción que minimizara el consumo de energía y garantizara el máximo confort en la vivienda. La primera casa pasiva se construyó en Darmstadt, Alemania, en 1990, con todos los principios básicos: aislamiento térmico eficiente, ventanas eficientes, la mayoría orientadas al sur, ventilación mecánica con recuperación de calor y hermeticidad. El edificio sigue funcionando como proyecto de demostración y prueba de concepto de una casa pasiva. 1996: Wolfgang Feist funda el Passivhaus Institute, cuyo objetivo es normalizar y promover el principio de la casa pasiva. El instituto desarrolló criterios técnicos claros para las casas pasivas y comenzó a impartir formación a arquitectos, ingenieros y profesionales de la construcción. Desde el año 2000, el concepto de casa pasiva se ha extendido por Europa y, posteriormente, por todo el mundo. Se han desarrollado muchos edificios pasivos modelo, entre los que se incluyen escuelas, oficinas y bloques de apartamentos. El Passivhaus Institut ha desarrollado PHPP, un software para modelar y planificar las necesidades energéticas de las casas pasivas. El estándar Passive House se ha convertido en uno de los métodos de construcción más importantes del mundo en materia de eficiencia energética. En muchos países se utiliza como base para desarrollar normas nacionales de eficiencia energética. En el mundo actual, Passive House no es solo un estándar para edificios residenciales. Ahora se aplica a muchos tipos diferentes de edificios, incluyendo escuelas, oficinas e incluso

instalaciones industriales. El Passivhaus Institut continúa investigando y desarrollando nuevas tecnologías que contribuyen a una mayor eficiencia energética y reducen el impacto del cambio climático.

5.2. – ¿Por qué construir una casa pasiva?

5.2.1. Ahorro energético

Las casas pasivas están diseñadas para consumir muy poca energía para calefacción, refrigeración y otras necesidades cotidianas. Estas son las principales ventajas en materia de ahorro energético:

- ✓ **Consumo energético mínimo:** una casa pasiva consume hasta un 90 % menos de energía para calefacción y refrigeración que un edificio convencional. El consumo medio de energía para calefacción es de solo 15 kWh/m² al año, lo que se puede conseguir con una pequeña fuente adicional de calefacción o refrigeración.
- ✓ **Menores costes de mantenimiento:** la reducción de la demanda energética reduce las facturas mensuales de electricidad, gas u otros combustibles para calefacción. A largo plazo, una casa pasiva se amortiza con el ahorro en los costes.
- ✓ **Uso de fuentes de energía renovables:** es más fácil integrar sistemas de energía renovable, como paneles solares o calefacción geotérmica, en las casas pasivas porque la demanda de energía es muy baja.
- ✓ **Eficiencia energética:** gracias a su eficiente aislamiento, hermeticidad y sistema de recuperación de calor, la Passive House mantiene una temperatura interior constante sin altos costes energéticos, incluso en condiciones climáticas extremas.
- ✓ **Seguridad energética:** el bajo consumo energético reduce la dependencia de proveedores externos de energía y las fluctuaciones en los precios de los combustibles fósiles.
- ✓ **Sostenibilidad:** el ahorro energético contribuye a reducir las emisiones de carbono y a mitigar los efectos del cambio climático. Es la opción perfecta para quienes buscan un estilo de vida más ecológico.

La casa pasiva no es solo una solución para reducir costes, sino también un paso hacia la sostenibilidad energética y el confort a largo plazo.

5.2.2. Confort

Las casas pasivas proporcionan un confort excepcional, ya que están diseñadas para mantener una temperatura constante, una excelente calidad del aire y una máxima sensación de bienestar. Los principales aspectos del confort son:

- ✓ **Temperatura interior constante:** una Passive House mantiene la misma temperatura en todas las habitaciones, sin grandes fluctuaciones, independientemente de la estación del año. Gracias a un aislamiento eficiente,

la recuperación de calor y la hermeticidad, la temperatura interior se mantiene por encima de los 21 grados centígrados incluso en la estación fría y se mantiene fresca en verano sin superar los 24 grados centígrados.

- ✓ **Excelente calidad del aire:** el sistema de ventilación con recuperación de calor garantiza un suministro constante de aire fresco, eliminando el exceso de CO₂ y la humedad. No hay corrientes de aire ni movimientos de aire en las habitaciones que puedan causar molestias.
- ✓ **Insonorización:** una gruesa capa de aislamiento y ventanas de calidad proporcionan una excelente protección contra el ruido exterior, creando una atmósfera de tranquilidad.
- ✓ **Luz natural:** las ventanas están orientadas en su mayor parte al sur para aprovechar al máximo la luz solar, lo que hace que el espacio habitable de una casa pasiva sea luminoso y acogedor.
- ✓ **Agradable equilibrio de humedad:** el sellado y la ventilación ayudan a mantener una humedad óptima (40-60 %), saludable para la piel, las vías respiratorias y la salud en general.
- ✓ **Confort en las superficies de las paredes:** los componentes del edificio, bien aislados, garantizan que las paredes, los suelos y los techos estén tan cálidos como el aire, por lo que no hay «puntos fríos» ni incomodidad.
- ✓ **Sin sistemas de calefacción o refrigeración ruidosos:** gracias al mínimo equipamiento mecánico, las casas pasivas no tienen calderas de calefacción ni aires acondicionados ruidosos, lo que contribuye aún más al confort.

Las casas pasivas no solo ahorran energía, sino que también proporcionan el máximo nivel de confort, lo que le permite vivir en un entorno más saludable, tranquilo y agradable. Se trata de una inversión no solo en eficiencia energética, sino también en calidad de vida diaria.

5.2.3. Sostenibilidad a largo plazo

Las casas pasivas están diseñadas para ser no solo eficientes desde el punto de vista energético, sino también duraderas, sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Esta norma garantiza que las viviendas contribuyen al medio ambiente y siguen siendo económicamente viables durante muchos años.

Reduced environmental impact

- Reduced CO₂ emissions: a Passive House consumes up to 90% less energy than a conventional building, thus contributing less to climate change.
- Reduced need for fossil fuels: the low energy demand makes it easier for a Passive house to switch to renewable energy sources such as solar panels or geothermal heating.

Longevity

- Quality materials: Passive houses use high-quality insulation materials, windows, doors and efficient building solutions that last for decades.
- Durable design: structures without thermal bridges ensure that the building remains resistant to moisture, mould and temperature fluctuations and therefore requires less maintenance.

Economic sustainability

- Lower running costs: low energy consumption for heating, cooling and other uses means lower costs in the long run.
- Long-term value: Passive houses retain a higher real estate value because they are attractive for their energy efficiency and comfort.

Adapting to meet future requirements

- Resilience to energy price fluctuations: the very low energy demand makes Passive house owners less vulnerable to rising energy prices.
- Climate resilience: Passive houses are designed to maintain comfort in extreme weather conditions, from cold winters to hot summers.

Promoting sustainable solutions

- Passive House is an example of a long-term sustainable living philosophy that ensures lower environmental impact, greater sustainability and financial stability. It is an investment not only in the present but also in the future of our planet.

5.2.4. Reducción del impacto del cambio climático

Las casas pasivas contribuyen de manera significativa a reducir el impacto del cambio climático, ya que están diseñadas para minimizar el consumo de energía y las emisiones de CO₂ asociadas.

Aspectos clave de cómo una casa pasiva ayuda a combatir el cambio climático

Reduced energy demand

- Up to 90% lower energy consumption: a Passive House consumes very little energy for heating and cooling (just 15 kWh/m² per year), reducing the need to use fossil fuels, which are a major source of greenhouse gases (GHG).
- Energy efficiency in all areas: modern technologies such as heat recovery are used to help retain heat and cool while reducing heat loss.
- Use of renewable energy: In passive houses, the energy demand is so low that it can be fully covered by renewable sources such as solar panels, geothermal heating or wind power. Renewable energy not only reduces GHG emissions but also ensures energy self-sufficiency.

Reducing CO₂ emissions

- Minimal CO₂ emissions: low energy demand and resilience to energy loss mean that a passive house has significantly lower carbon emissions than conventional buildings.
- Long-term impact: Over its lifetime, a passive house significantly reduces overall emissions, contributing to climate change mitigation.

Use of sustainable materials

- Environmentally friendly and recyclable materials: passive houses are often built with materials whose production process emits less CO₂.
- Durability: Passive house structures are resilient and long-lasting, requiring less maintenance and renovation, which reduces the need for additional resources.

A role model for others

- Promoting climate awareness: passive houses become a model for living responsibly, using natural resources sustainably and reducing the impact of climate change.
- Raising standards: Passive House serves as a benchmark for other building standards, promoting the integration of energy-efficient technologies and sustainable solutions.

La casa pasiva es una opción responsable que reduce el impacto medioambiental de la actividad humana. Contribuye a mitigar los efectos del cambio climático al reducir la demanda de energía, las emisiones de gases de efecto invernadero y promover el uso de soluciones sostenibles. Es un paso importante hacia la mitigación del cambio climático y un futuro más limpio.

5.3 – Principios de las casas pasivas

5.3.1. Aislamiento térmico

5.3.1.1. Importancia de la conservación del calor

La conservación del calor es un principio clave del diseño de las casas pasivas, ya que garantiza un bajo consumo energético, el confort y la sostenibilidad. Esto se consigue minimizando las pérdidas de calor a través de la envolvente del edificio y haciendo un uso eficiente de las fuentes de calor naturales.

La conservación del calor en una casa pasiva es la clave para la eficiencia energética, el confort y la sostenibilidad. Garantiza que se maximiza la energía de calefacción y se minimiza la pérdida de calor, lo que genera beneficios a largo plazo tanto para los ocupantes como para el medio ambiente.

5.3.1.2. Tipos de materiales aislantes

Los materiales aislantes son una parte esencial de la construcción de una casa pasiva, ya que ayudan a reducir la pérdida de calor y a mantener una temperatura interna constante. Los materiales elegidos deben ser muy eficientes y cumplir los requisitos de transferencia de calor (valor U) de una casa pasiva.

Materiales aislantes minerales			
Lana	mineral	(Fig.	2)
Fabricada con piedra o fibra de vidrio.			
Ventajas: buen aislamiento térmico y acústico, resistente al fuego, respetuoso con el medio ambiente.			
Uso: para el aislamiento de paredes, techos y suelos.			
Lana	de	vidrio	
Ligera y elástica, adecuada para estructuras de formas complejas. Resistente a la humedad, pero requiere un sistema de barrera de vapor adecuado.			



Figura 2 Aislamiento con materiales aislantes de lana mineral.

Materiales aislantes poliméricos

Espuma de poliuretano (PUR) (Fig. 3)

Se utiliza en forma de spray o en paneles.

Ventajas: alto aislamiento acústico, conductividad térmica extremadamente baja. Crea una capa sellada sin puentes térmicos.

Uso: para el aislamiento de suelos, cubiertas y estructuras complejas.

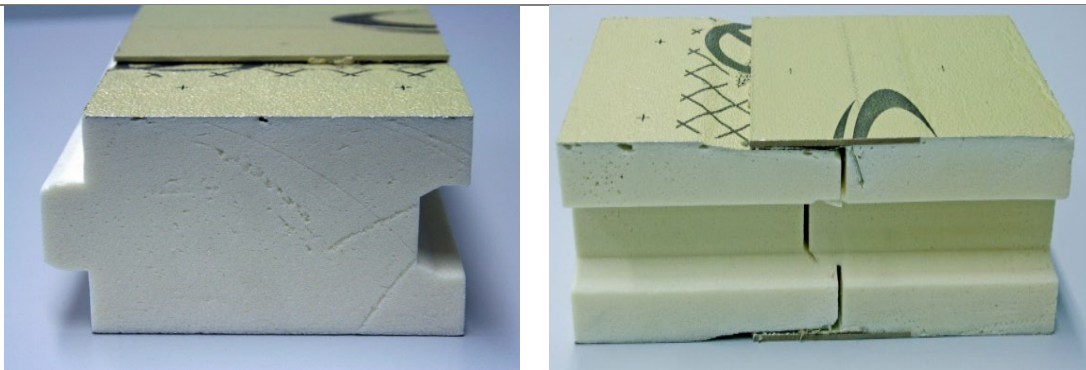


Figura 3 Paneles de espuma de poliuretano (PUR).

Espuma de poliestireno (EPS y XPS) (Fig. 4)

EPS (poliestireno expandido)

Muy ligero, se utiliza para el aislamiento de paredes y techos.

Ventajas: ligero, económico, buen rendimiento térmico.

XPS (poliestireno extruido)

Más resistente, resistente a la humedad, adecuado para cimientos y suelos.

Ventajas: resistente a la humedad y a las tensiones mecánicas, mayor durabilidad, adecuado para diversas aplicaciones. Aislante térmico eficaz.



Figura 4. Aislamiento de las paredes de un edificio con paneles de espuma de poliestireno (Neopor).

Materiales aislantes naturales

Tableros de fibra (Fig. 5)

Ventajas: ecológico, fácil de reciclar. Buen aislamiento acústico.

Usos: aislamiento de techos, paredes y suelos.

Paja

Se utiliza en la construcción ecológica como material aislante para paredes.

Ventaja: bajo coste y reciclable.

Fieltro y lana de oveja

Se utiliza para el aislamiento interior, buen control de la humedad.

Corcho (material de corcho)

Ventajas: material natural, excelente aislante. Resistente a la humedad y al moho.

Uso: para aislamiento de suelos y paredes.



Figura 5. Tableros de fibra.

Materiales aislantes innovadores

Aerogel

Material muy eficiente, ligero y fino.

Ventajas: baja conductividad térmica incluso en capas finas.

Bajo aislamiento térmico con bajo aislamiento térmico.

Paneles de aislamiento al vacío (VIP) (Fig. 6)

Ventajas: extremadamente delgados pero muy eficientes.

Uso: para proyectos especiales en los que es importante ahorrar espacio.



Figura 6. Aislamiento de suelos con paneles de aislamiento al vacío.

Materiales a granel y pulverizables

Ekowool

Fabricado a partir de papel reciclado.

Ventajas: ecológico, fácil de rellenar cavidades.

Uso: para rellenar cavidades en paredes y techos.

Espuma pulverizable (poliuretano)

Garantiza la estanqueidad y elimina los puentes térmicos.

Criterios de selección del aislamiento

THERMAL CONDUCTIVITY COEFFICIENT	The lower the value, the better the material insulates.
MOISTURE RESISTANCE	Important for floor and foundation insulation.
FIRE RESISTANCE	Particularly relevant for the insulation of residential buildings
ECO-FRIENDLY	Whether the material is environmentally friendly and recyclable
EASE OF INSTALLATION	Is the material easy to install.

La combinación adecuada de materiales aislantes garantiza la eficiencia energética, el confort y la durabilidad de una casa pasiva.

5.3.1.4. Importancia del coeficiente de transferencia térmica (valor U)

El coeficiente de transferencia térmica (valor U) es una propiedad de la estructura de un edificio que describe la cantidad de calor que se pierde por metro cuadrado de superficie por unidad de tiempo cuando la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior del edificio es de 1 Kelvin ($\text{W/m}^2\text{K}$). Este valor es muy importante en las casas pasivas, ya que determina directamente el consumo de energía, el confort y la sostenibilidad.

Valor U en casas pasivas

Effective
thermal
insulation
indicator

A low U-value means that the building's structure (walls, roof, floors, windows) effectively traps heat and reduces heat loss.

Reducing
energy
costs

Low U-value designs allow passive houses to maintain a minimum heating demand of only 15 kWh/m² per year.

Requisitos del valor U en una casa pasiva

Una casa pasiva debe cumplir estrictas normas de valor U para garantizar la eficiencia energética:

Construcción	Valor U requerido (W/m ² K)
Paredes exteriores	≤ 0,15
Tejado	≤ 0,15
Suelos (en contacto con el suelo)	≤ 0,15

Advantages of low U-value

- Reducing heat loss: less heat transfer means that more heat is retained inside the building during winter.
- Comfort: surfaces such as walls, floors and windows remain warm and pleasant to the touch, while indoor temperatures are uniform.
- Lower running costs: better thermal insulation saves energy for heating and cooling.

Effect of U-value on structures

- External walls: a lot of heat is lost through the walls, so special attention needs to be paid to their insulation.
- Windows: windows are one of the weakest points in terms of heat loss, so triple glazing with efficient thermal insulation is used in passive houses.
- Floors and foundations: heat can be lost through floors if there is no proper insulation. Insulation materials must ensure that heat is retained inside the building.

Sustainability aspect

- Reduced energy consumption: low U-value designs reduce fossil fuel use and CO₂ emissions.
- Longevity: properly insulated buildings last longer and require less maintenance.

Ejemplo de cálculo del valor U

Si la estructura consta de varias capas (por ejemplo, aislamiento, ladrillos, yeso), el valor U se calcula como la suma de las resistencias térmicas de las capas:

$$U = \frac{1}{R_{\text{insolation}} + R_{\text{structure}} + R_{\text{other}}}$$

Cuanto mayor sea la resistencia térmica (R), menor será el valor U.

El coeficiente de transferencia térmica (valor U) es un indicador importante para evaluar la eficiencia energética de un edificio. Un valor U bajo garantiza una menor pérdida de calor, mayor confort y menores costes de calefacción y refrigeración, por lo que es uno de los principales requisitos de los estándares de casa pasiva.

5.3.2. Hermeticidad

La estanqueidad al aire de un edificio es la capacidad de impedir el movimiento incontrolado del aire a través de las estructuras, juntas y uniones del edificio. Es uno de los principios clave de Passive House, ya que afecta directamente al ahorro energético, al confort y a la longevidad del edificio.

5.3.2.1 Hermeticidad del edificio

La hermeticidad garantiza que el aire no entre ni salga a través de fugas (por ejemplo, grietas, juntas con fugas, puertas o ventanas). El objetivo es reducir las fugas de aire, que pueden provocar pérdidas de calor y un aumento de la demanda energética.

¿Por qué es importante la hermeticidad de los edificios?

Energy efficiency

- Uncontrolled air leakage leads to heat loss in winter and heat penetration in summer. Airtightness reduces the need for heating and cooling.

Comfort

- Prevents draughts, so the internal temperature remains uniform and pleasant.

Air quality

- The airtight building, combined with an efficient ventilation system, ensures that the air is clean and properly humidified.

Durability

- Airtightness protects structures from moisture and mould, which can be caused by air movement and condensation.

¿Cómo se mide la hermeticidad?

Blower Door Test

This is a standard method used to assess the airtightness of a building. The test uses a special fan to create a pressure differential (50 Pa) inside the building and measures how much air enters or leaves through leaking areas.

The requirement for a passive house is an air leakage rate (n_{50}) ≤ 0.6 air changes per hour.

¿Cómo se garantiza la hermeticidad de un edificio?

Structural solutions

- proper sealing of wall, ceiling and floor joints. Sealed doors and windows with high quality gaskets.

Use of materials

- vapour barrier films, sealing tapes, polyurethane foams.

Installation quality

- ensuring that materials are properly installed and that all connections are tight.

Equilibrio entre la estanqueidad y la ventilación

Efficient ventilation

- sealed buildings use a mechanical ventilation system with heat recovery to provide fresh air without heat loss.

Controlled air exchange

- airtightness allows you to control how much air enters the building and how it enters, unlike uncontrolled air leakage.

Problemas cuando un edificio no es lo suficientemente hermético

- Mayor pérdida de calor, lo que conlleva un aumento de los costes energéticos.
- Corrientes de aire que reducen el confort.
- Humedad, moho y condensación que pueden dañar las estructuras.
- Transmisión del ruido, ya que las fugas pueden permitir la entrada de sonidos externos.

La hermeticidad de los edificios es una característica esencial de las casas pasivas, ya que garantiza una menor pérdida de calor, el confort interior y la durabilidad estructural. Una solución de hermeticidad correctamente implementada, combinada con un sistema de ventilación, permite que las casas pasivas sean un modelo de eficiencia energética y confort.

5.3.2.2. Prueba de hermeticidad

Una prueba de hermeticidad es un método normalizado que se utiliza para evaluar la hermeticidad de un edificio determinando la cantidad de aire que entra o sale sin control a través de las zonas con fugas. Es un paso esencial en la certificación de una casa pasiva para garantizar que el edificio cumple los requisitos de eficiencia energética y confort.



Figura 7. Tipos de equipos de prueba de puerta sopladora según la potencia requerida.

Objetivo: comprobar que la estructura del edificio (paredes, ventanas, puertas, juntas) es hermética.

La prueba de estanqueidad se lleva a cabo utilizando un dispositivo especial: el sistema Blower Door. Se crea una diferencia de presión (50 Pa) entre el interior y el exterior del edificio y se mide la rapidez con la que el aire entra o sale del edificio.

- ✓ Instalación del ventilador: se instala un ventilador con un marco hermético ajustable en la puerta o ventana.
- ✓ Generación de presión: el ventilador reduce o aumenta la presión del aire interior del edificio para crear una diferencia de presión de 50 Pa.
- ✓ Medición de las fugas de aire: un equipo de medición registra la cantidad de aire que pasa a través de las zonas con fugas.

- ✓ Detección de fugas: se utilizan herramientas adicionales, como cámaras termográficas, generadores de humo o detectores ultrasónicos, para localizar con precisión las zonas con fugas.

Requisitos de estanqueidad para casas pasivas

El indicador n50 (número de renovaciones de aire) muestra el número de veces por hora que se renueva el volumen total de aire del edificio debido a las fugas.

Norma Passive House: $n50 \leq 0,6$ renovaciones de aire por hora (50 Pa de diferencia de presión). Valor requerido: un valor más bajo significa una mejor estanqueidad, una menor pérdida de calor y una mayor eficiencia energética.

Ventajas de las pruebas de estanqueidad

Saving energy

- Leaks are identified and the heat loss is reduced.

Comfort

- It ensures even temperature distribution and eliminates draughts.

Protection of structures

- A sealed building protects structures from moisture, mould and condensation.

Certification

- The airtightness test is a necessary step in the certification process for Passive houses.

Métodos de prueba adicionales

Smoke test

- Smoke is used to visually identify leak locations.

Thermal imaging

- Thermal imaging cameras are used to see areas of heat loss.

Ultrasonic test

- Ultrasonic detectors identify air movement in leaking areas.

¿Cuándo se realiza la prueba de estanqueidad?

- **Durante la construcción:** la prueba se realiza antes de cubrir las estructuras para poder reparar las fugas.

- Después de la construcción: la prueba final garantiza que el edificio cumple con los estándares Passive House.

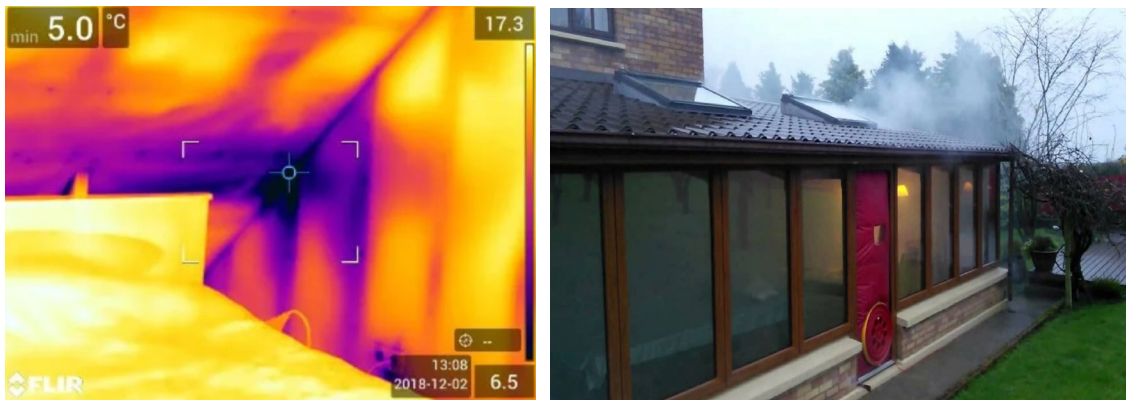


Figura 8. Imagen térmica durante una prueba de fugas e imagen obtenida con un generador de humo para localizar las zonas con fugas.

Las pruebas de estanqueidad al aire son un proceso necesario para garantizar que un edificio cumple los requisitos de eficiencia energética, confort y durabilidad. Permiten identificar y eliminar los puntos débiles de la estructura que podrían provocar pérdidas de calor u otras deficiencias.

5.3.2.3. Medidas prácticas para garantizar la estanqueidad.

El uso de los materiales y soluciones adecuados y una instalación cuidadosa son esenciales para garantizar la hermeticidad del edificio y minimizar las fugas de aire. Esto es especialmente importante en una casa pasiva, ya que la hermeticidad determina directamente la eficiencia energética, el confort y la longevidad del edificio.

- sealing tapes resistant to temperature fluctuations and humidity, vapour barrier films needed to prevent uncontrolled air movement, polyurethane foams, sealants and mastics, special installation foams.

Sealed connections

- Ensure that all joints in walls, floors and ceilings are tight.
- Joint sealing systems shall be used to eliminate cracks and thermal bridging.

Installation of windows and doors

- Special sealing tapes and properly adapted installation foams are used.
- The frames shall be mounted in such a way as to avoid thermal bridging.

Sealing of engineering networks

- The passageways for pipes, wires and ventilation ducts through walls or roofs must be thoroughly sealed.

Installation quality

- Careful work: ensuring airtightness depends not only on the materials, but also on the precision of the work. Even the smallest leaks can lead to significant heat loss.
- The right combination of materials: vapour barriers, films, foams and tapes need to be matched to avoid condensation or other problems.
- Control during construction: leakage tests can be carried out between construction phases to correct deficiencies in time.

Puntos más comunes de fuga de aire y sus soluciones

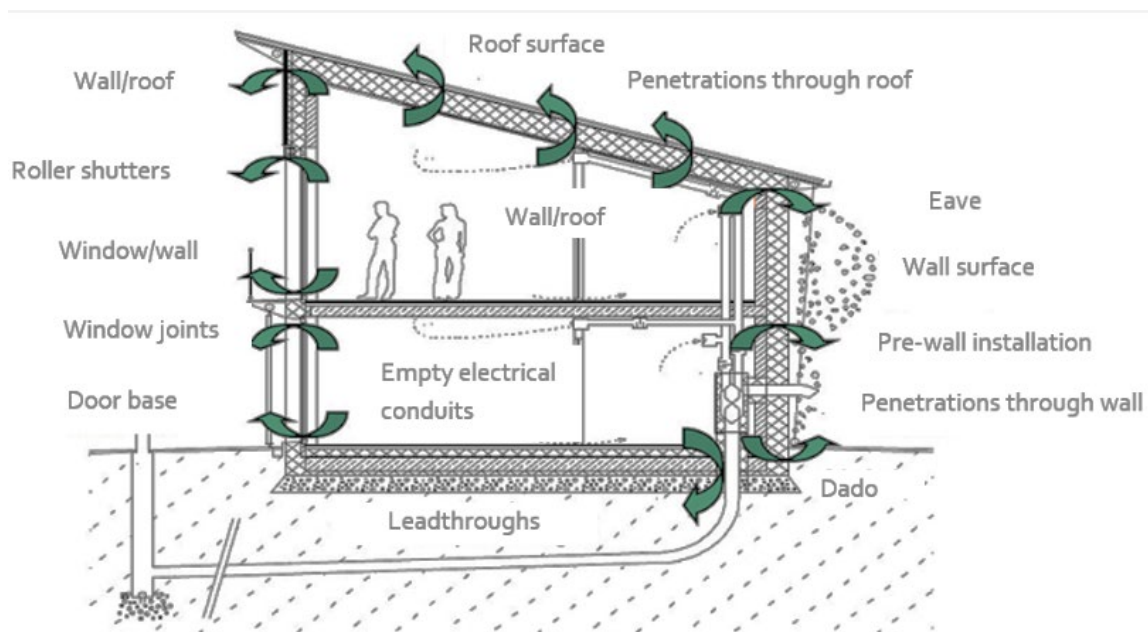


Figura 9. Puntos de fuga de aire más comunes detectados durante la prueba de estanqueidad.

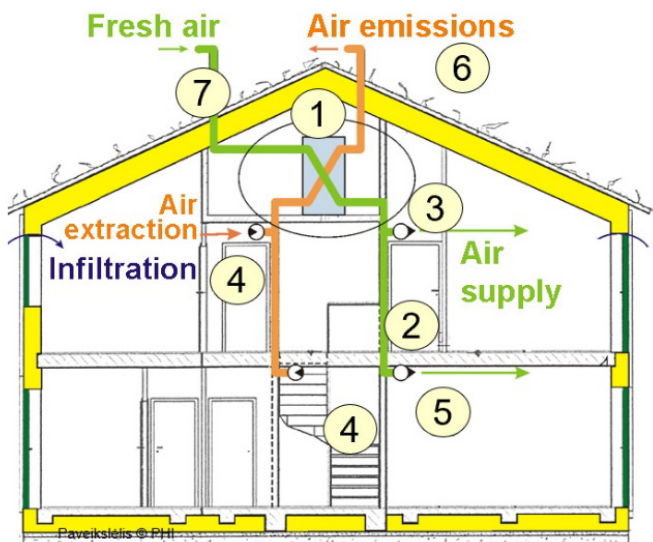
La elección de los materiales adecuados, las soluciones constructivas de calidad y la mano de obra diligente garantizan un sellado hermético. Un edificio hermético no solo reduce la pérdida de energía, sino que también mejora el confort y la durabilidad.

Operating principle of the recuperator

- A heat recovery ventilator is a mechanical ventilation system designed to provide fresh air to a building while retaining most of the heat in the exhaust air. This process reduces heating and cooling costs and ensures a healthy indoor microclimate.

How a
recuperator
works:

- Heat recovery: heat is transferred from the building's exhaust air to the fresh air supply.
- Efficient ventilation: a constant supply of fresh air is provided, preventing the build-up of carbon dioxide, moisture or other harmful substances.



Characteristics

Centrally installed ventilation unit with fan and heat recovery.
Air supply and extract through separate ducts.

Main components

1. Ventilation unit with fan, control, heat recovery, filter.
2. Ductwork with sound attenuator.
3. Air supply valve
4. Air extraction valve
5. Air transfer
6. Air exhaust device.
7. Air intake device.

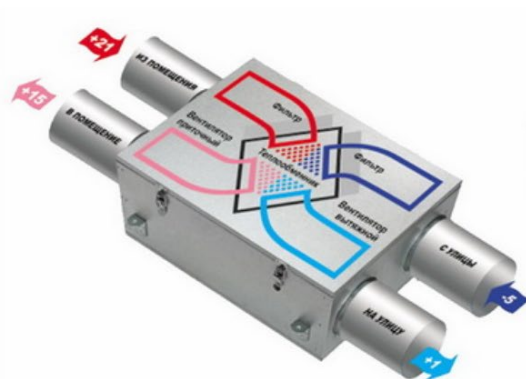


Figura 10. Diagrama de principio y visualización en 3D del sistema de recuperación de calor.

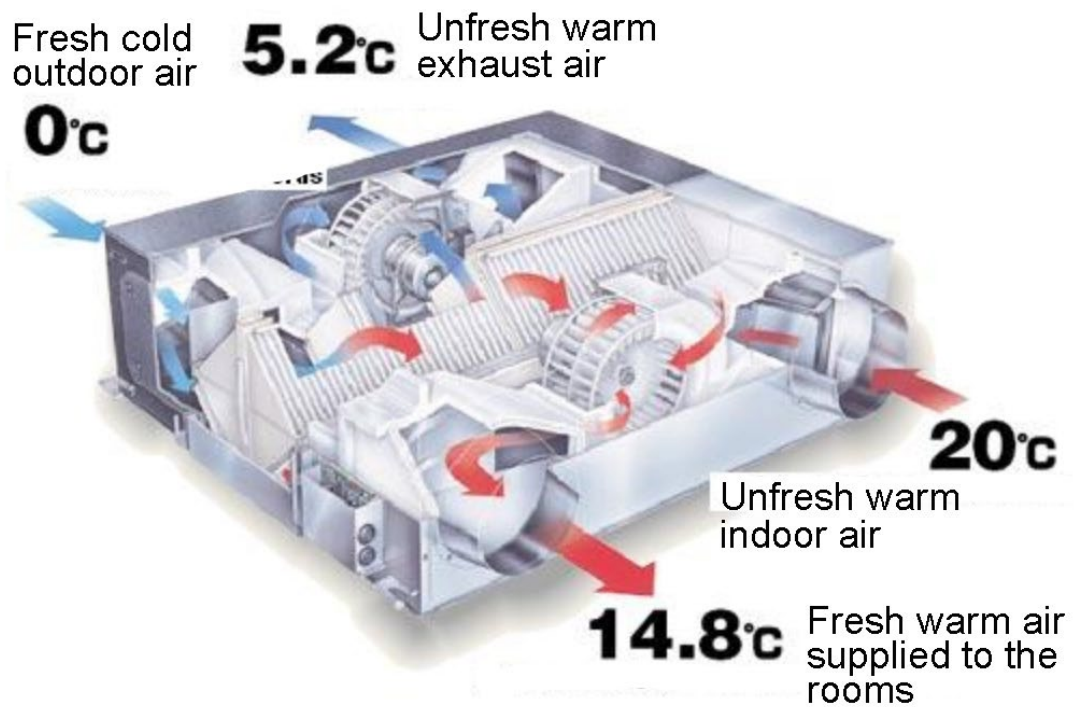


Figura 11. Principio de funcionamiento del recuperador.

Exhaust air collection

- Warm and humid air is extracted from rooms (e.g. bathrooms, kitchens, living rooms).

Heat exchange

- The exhaust air passes through a heat exchanger where its heat is transferred to the cold outside air, preventing direct mixing of these air streams.

Fresh air supply

- Outdoor air that has gained heat from the exhaust air is supplied to the building's living spaces (e.g. bedrooms, living room).

Air flow management

- The recuperator ensures that exhaust and supply air move separately, thus avoiding the transfer of pollutants or odours.

Partes principales del recuperador

Heat exchanger

- The main component where heat is exchanged. May be plate, rotary or counterflow.

Fans

- One fan draws in exhaust air and the other supplies fresh air.

Filters

- Clean both the supply and exhaust air to ensure a healthy indoor climate.

Control system

- Allows you to control airflow, temperature and humidity.

Tipos de recuperadores

Intercambiador de calor de placas: el aire de salida y el aire de entrada pasan a través de placas donde se intercambia el calor.
Ventajas: sencillo, eficiente, sin piezas móviles.

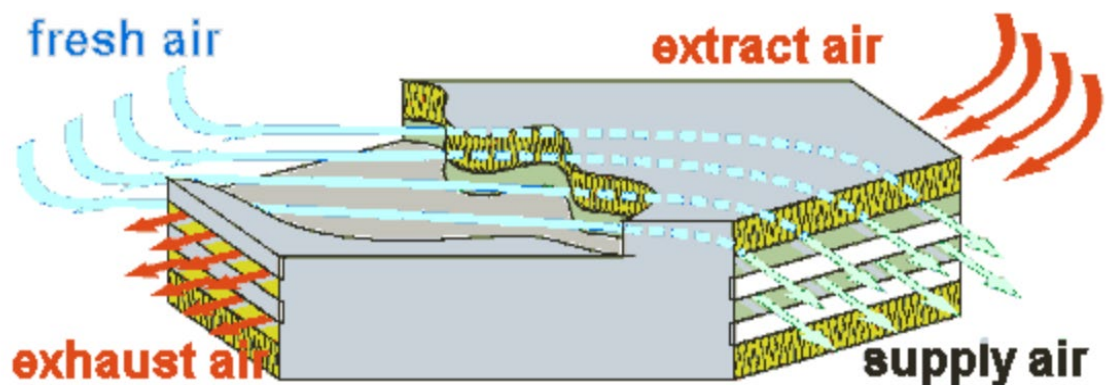


Figura 12. Diagrama de principio de un intercambiador de calor de placas.

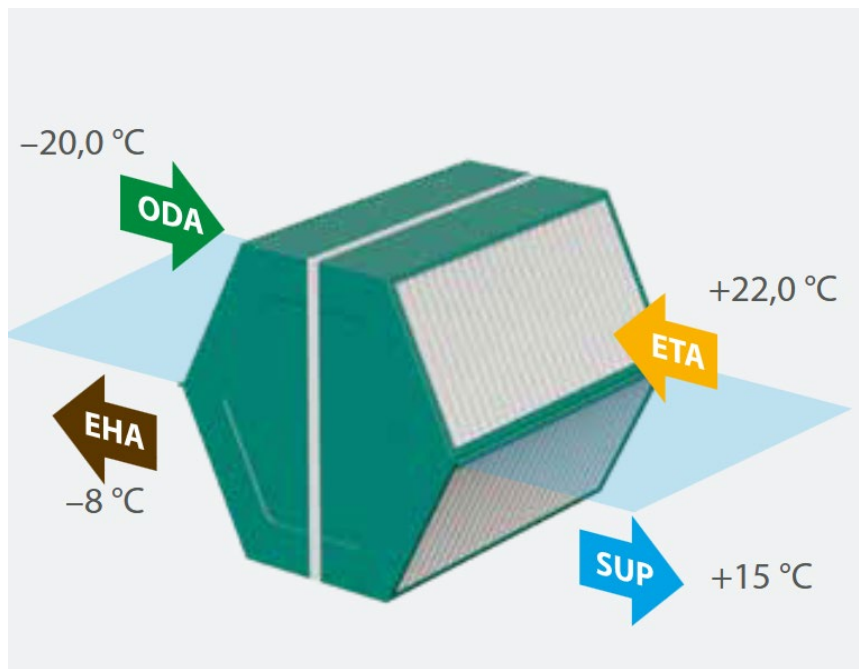


Figura 13. Esquema de principio de un intercambiador de calor de flujo cruzado.

Intercambiador de calor rotativo: un disco giratorio recoge el calor del aire de escape y lo transfiere al aire de suministro.

Ventajas: mayor retención de la humedad.

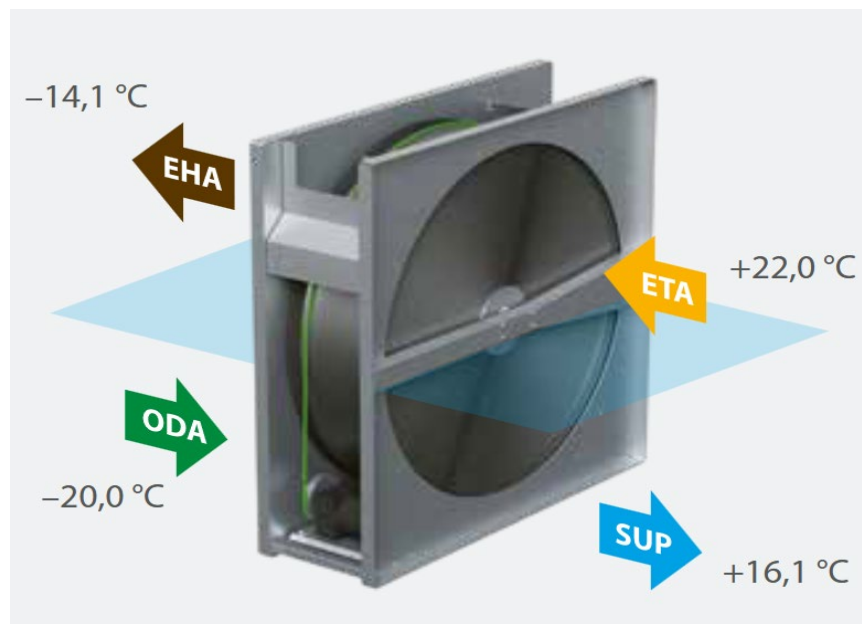


Figura 14. Esquema de principio de un intercambiador de calor rotativo.

Intercambiador de calor de contraflujo: los flujos de aire se mueven en direcciones opuestas para lograr la máxima eficiencia en la transferencia de calor.

Ventajas: alta eficiencia en la recuperación de calor.

El recuperador puede recuperar hasta el 90 % del calor del aire de salida. Esto reduce los costes de calefacción y la demanda energética. Algunos ventiladores con recuperación de calor también son capaces de transferir parte de la humedad, proporcionando un clima interior confortable. En verano, el recuperador puede utilizar el frescor del aire de salida para reducir la temperatura del aire de impulsión.

El principio de un ventilador con recuperación de calor se basa en un intercambio de calor eficiente, que reduce el consumo de energía y garantiza un microclima interior saludable y confortable. Es una parte esencial de una casa pasiva, ya que ayuda a conseguir una alta eficiencia energética y un gran confort.

5.3.2.5. La importancia de la calidad del aire para la salud y el confort

Una buena calidad del aire interior es esencial para la salud física y emocional, ya que el aire que respiramos en el interior tiene un impacto directo en nuestro sistema respiratorio, nuestros niveles de energía y nuestro confort general. En una casa pasiva, se presta especial atención a garantizar la calidad del aire mediante sistemas de ventilación eficientes, como los ventiladores con recuperación de calor.

The main determinants of air quality

- **Level of oxygen**
Oxygen is essential for a healthy respiratory system and energy production. Inadequately ventilated rooms can have reduced oxygen concentrations.
- **Carbon dioxide (CO₂)**
Excess CO₂ causes drowsiness, headaches and reduced work capacity.
- **Pollutants**
Dust particles, mould, bacteria and other air pollutants can cause respiratory diseases, allergies and other health problems.
- **Moisture levels**
Too high humidity encourages the growth of mould and dust mites, while too low humidity dries out the skin and respiratory tract and causes discomfort.

The importance of air quality for health

- **Prevention of respiratory diseases**
Clean air reduces the risk of infectious diseases such as colds and flu by removing harmful particles and germs.
- **Allergy and asthma control**
Clean and properly filtered air reduces exposure to allergens (e.g. dust, pollen), which is important for allergy sufferers or asthma sufferers.
- **Sense of well-being**
Adequate air quality improves sleep, energy levels and concentration.
- **Cardiovascular health**
Well-ventilated rooms reduce harmful air pollutants that can have a negative impact on blood pressure and overall heart health. Adequate air quality improves sleep, energy levels and concentration.

The importance of air quality for comfort

- **Temperature balance**
Efficient ventilation ensures that the air is at the right temperature without the discomfort of heat or cold.
- **Moisture balance**
An optimum humidity of 40-60% is maintained to ensure comfort and health.
- **Freshness**
Fresh air supply eliminates stagnant air odours and provides a pleasant living environment.
- **Noise reduction.**
Heat recovery systems allow rooms to be ventilated without opening windows, which reduces exposure to external noise.

Ensuring good air quality in a passive house

- **Heat recovery ventilation systems**
A constant supply of fresh air and the removal of polluted air ensure high air quality.
- **Air filtration**
High-quality filters (e.g. HEPA) are used to remove dust, allergens and other pollutants.
- **Airtightness**
Passive houses are airtight, so air quality can be fully controlled by ventilation systems.
- **Humidity control**
Recuperators maintain optimum humidity, preventing excessive dryness or mould growth.

La buena calidad del aire es parte integral de una vida sana y confortable. En las casas pasivas, el suministro de aire fresco y una filtración adecuada garantizan que los ocupantes respiren aire limpio y saludable y mantengan un microclima interior agradable. Esto no solo contribuye a la salud, sino que también mejora la calidad de vida.

5.3.2.6. Eficiencia en la recuperación de energía

La eficiencia en la recuperación de energía (o eficiencia en la recuperación de calor) es un indicador de la cantidad de calor del aire de salida que recupera el recuperador y transfiere al aire fresco suministrado. Este principio es una parte fundamental del sistema de ventilación mecánica de las casas pasivas, ya que permite reducir el consumo de energía y garantizar el confort.

¿Qué es la eficiencia en la recuperación de energía?

Definición

La eficiencia de recuperación de energía se refiere al porcentaje de calor del aire de salida que es recuperado por el recuperador y transferido al aire de suministro.

Significado:

La eficiencia determina directamente la cantidad de energía adicional de calefacción o refrigeración necesaria para mantener el espacio a la temperatura requerida.

Energy recovery efficiency of the recuperator

- Efficiency range: modern heat recovery units achieve 75-95% heat recovery efficiency. This means that only 5-25% of the heat is lost in the exhaust air.
- Example: if the room temperature is 22 °C and the outside air temperature is 0 °C, a recuperator with an efficiency of 90% will heat the supply air to about 20 °C using only the exhaust air heat.

Factors determining efficiency

- Plate: Efficiency about 75-85%. Air flows are not mixed, heat is transferred through the plates.
- Rotary: Efficiency about 80-90 %. Some moisture can also be transferred.
- Counter-flow: Efficiency up to 95%. The air streams move in opposite directions, maximising heat transfer.
- Insulation: well-insulated ducts and unit reduce heat loss.
- Air filtration: proper filters not only clean the air but also reduce energy losses due to airflow resistance.
- Proper maintenance: regular filter changes and cleaning of the ventilation system ensure optimum performance.

Benefits of energy recovery efficiency

- Energy savings: most of the heat is returned to the building, reducing heating and cooling energy demand.
- Comfort: the supply air is already at a near-adequate temperature, so rooms do not freeze and there are no sudden temperature fluctuations.
- Environmental protection: efficient use of energy reduces CO₂ emissions, contributing to reducing the effects of climate change.
- Lower running costs: less energy is used for heating and cooling, which reduces electricity or heating fuel bills.

Cálculo de la eficiencia de recuperación de energía

La eficiencia se expresa en porcentaje y se calcula según la fórmula:

$$\eta = \frac{T_{\text{supplied air}} - T_{\text{outdoor air}}}{T_{\text{air emissions}} - T_{\text{outdoor air}}} \times 100$$

η – energy recovery efficiency

$T_{\text{supplied air}}$ – temperature of the preheated fresh air

$T_{\text{outdoor air}}$ – temperature of outdoor air entering the recuperator

$T_{\text{air emissions}}$ – temperature of the exhaust air from the room

La importancia de la eficiencia en la recuperación de energía en las casas pasivas

Un ventilador de recuperación de calor de alta eficiencia es un componente esencial de una casa pasiva, ya que garantiza una pérdida de calor y una demanda de energía mínimas.

Permite que las casas pasivas cumplan con el requisito de energía para calefacción de 15 kWh/m² al año.

La eficiencia en la recuperación de energía es un indicador clave del rendimiento para alcanzar los objetivos de eficiencia energética, confort y sostenibilidad de una casa pasiva. Una alta eficiencia en la recuperación de calor se traduce en un menor consumo de energía, un mejor microclima y un menor impacto medioambiental.

5.3.3. Ventanas y puertas

5.3.3.1. Triple acristalamiento

El triple acristalamiento es un componente esencial de una casa pasiva, ya que proporciona un alto aislamiento térmico, ahorro energético y confort. Estas ventanas y puertas cumplen con los estrictos estándares de las casas pasivas y ayudan a reducir la pérdida de calor a través de las aberturas del edificio.

¿Qué es el triple acristalamiento?

Estructura: una unidad de triple acristalamiento consta de tres capas de vidrio con dos capas de aire o un gas inerte (por ejemplo, argón, criptón) entre ellas. Los espacios se rellenan con este gas para aumentar el aislamiento térmico.

Revestimientos: las superficies de vidrio están recubiertas con un revestimiento de baja emisividad (Low-E), que refleja el calor hacia el interior de la habitación y reduce la pérdida de calor.

Thermal insulation properties

- Low U-value: triple glazing has a very low heat transfer coefficient (U-value), often $\leq 0.5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$,
- The total U-value of the whole window with frame is $\leq 0.8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, which meets the requirements of a passive house.
- Efficiency: they are twice as efficient as double glazing, with minimal heat leakage.

Saving energy

- Heat retention: triple glazing helps to retain heat indoors, reducing the need for heating in winter.
- Heat penetration protection: in summer, the windows prevent too much heat from the sun from entering the room, reducing the need for cooling.
- Solar transmittance: windows with the right choice of glass make optimal use of natural sunlight and heat.

Ensuring comfort

- Uniform temperature: triple glazing eliminates the feeling of cold zones at the windows, as the glass remains warm even in winter.
- Sound insulation: thanks to the extra layer of glass and the gas filler, the windows have a high level of sound insulation, reducing noise from outside.
- Anti-condensation: the warm inner surface of the glass reduces the risk of condensation forming on the windows.

Sustainability

- Energy saving: reduced heating and cooling demand helps reduce CO₂ emissions and contributes to environmental protection.
- Durability: triple glazing is durable and resistant to temperature fluctuations, so it retains its properties over time.

Additional features

- Security: windows can be reinforced with toughened glass or laminate to provide impact resistance.
- Aesthetics: different frame types (wood, aluminium, plastic) and glass shades are available to match the building design.

El triple acristalamiento es la opción ideal para las casas pasivas debido a sus propiedades de aislamiento térmico, su potencial de ahorro energético y su confort. Son indispensables para los edificios modernos, sostenibles y energéticamente eficientes.

5.3.3.2. Energía solar mediante una orientación adecuada del edificio.

La orientación adecuada del edificio es uno de los principios clave del diseño de las casas pasivas. Permite un uso eficiente de la energía natural del sol para la calefacción, la iluminación y el ahorro energético general. Al optimizar la posición del edificio en función del movimiento del sol, se pueden reducir las necesidades de calefacción, refrigeración e iluminación.

Principios clave	
Window orientation	the majority of windows should be oriented towards the south to maximise absorption of solar heat and light during winter. A minimum of windows on the north side to minimise heat loss.
Shape of the building	a compact and simple building form reduces heat loss.
Shadow management	canopies, curtains or protruding structures prevent excessive solar heat in summer but allow winter sunlight to reach the interior of the building.

Benefits of solar energy through proper orientation

- Reducing heating demand: south-facing windows allow the sun's heat to warm rooms during the cold season, reducing the need for additional heating energy.
- Natural light: the orientation ensures maximum natural light penetration, reducing the need for artificial lighting.
- Energy saving in summer: proper shade management prevents overheating, reducing the need for air conditioning.

Practical orientation solutions

- South orientation
Maximum absorption of solar energy and light in winter.
Windows should be large enough to take advantage of the sun's heat, but at the same time protect against overheating in summer.
- North orientation
Reduced number of windows to avoid heat loss.
Suitable for ancillary or less used rooms.
- East and west orientation
Eastern windows let in the morning sun, providing warmth and light early in the morning.
On the west side, protection against afternoon overheating is needed, e.g. blinds or plants.

Optimising solar energy capture

- Roofs and solar panels: roofs with a southern slope are ideal locations for solar panels or photovoltaic panels, allowing additional energy generation.
- Solar heat storage: massive internal structures (e.g. concrete or masonry walls) can store solar heat during the day and slowly release it at night.

Sustainability aspects

- CO₂ reduction: efficient use of solar energy reduces dependence on fossil fuels.
- Cost-effectiveness: lower heating and cooling costs due to optimal orientation and use of natural solar energy.

Example

- In a passive house with windows on the south side, the sun's rays warm the floors and walls in winter, while in summer, canopies or trees block the direct rays to prevent overheating. This ensures constant comfort in all seasons.

La orientación adecuada del edificio es uno de los factores clave para el ahorro energético de una casa pasiva. El aprovechamiento óptimo de la energía solar reduce la demanda de calefacción y refrigeración, garantiza el confort y contribuye a los objetivos de construcción sostenible.

5.3.4. Eliminación de puentes térmicos

5.3.4.1. Impacto de los puentes térmicos en las pérdidas de energía

Los puentes térmicos son una de las principales causas por las que una casa pasiva puede perder calor y reducir su eficiencia energética. Los puentes térmicos son zonas de un edificio en las que el aislamiento es más débil debido a las características del diseño o de los materiales, y por donde el calor se escapa más rápidamente.

¿Qué son los puentes térmicos?

Son partes de una estructura que transfieren el calor más rápidamente que el resto del edificio debido a:

- Las conexiones entre diferentes materiales con diferentes conductividades térmicas.
- Fugas en la instalación o el diseño.

- Capas de aislamiento mal diseñadas.

Principales ubicaciones de los puentes térmicos

Ventanas y puertas:

- Juntas entre los marcos de las ventanas y puertas y la pared.
- Materiales de sellado mal instalados.

Cimientos y paredes:

- Zonas de transición entre paredes y cimientos.

Juntas entre el techo y la pared:

- Mal aislamiento en las uniones.

Balcones:

- Las estructuras que se extienden desde el interior hacia el exterior transfieren calor.

Tuberías y cableado:

- Pasos a través de paredes y techos sin un sellado adecuado.

Efecto de los puentes térmicos en las pérdidas de energía

Aumento de la pérdida de calor:

- Los puentes térmicos actúan como «vías de fuga» del calor, aumentando el consumo energético total del edificio.

Aumento de la demanda de calefacción:

- Incluso los puentes térmicos más pequeños pueden provocar un aumento significativo de los costes energéticos, especialmente en invierno.

Reducción del confort:

- Los puentes térmicos crean zonas de superficies frías que pueden provocar incomodidad y corrientes de aire en las habitaciones.

Problemas de moho y humedad:

- Las superficies frías tienden a condensar la humedad, lo que puede provocar la formación de moho y, con el tiempo, dañar la estructura.

¿Qué importancia pueden tener los puentes térmicos?

Aunque los puentes térmicos solo representan una pequeña parte de la superficie de un edificio, pueden ser responsables del 20-30 % de todas las pérdidas de calor.

Las normas Passive House prestan especial atención a los puentes térmicos con el fin de minimizar las pérdidas de energía.

¿Cómo reducir los efectos de los puentes térmicos?

Design solutions

- Avoid external structures that extend from inside to outside (e.g. balconies).
- Use continuous layers of insulation without gaps.

Selection of materials

- Use materials with lower thermal conductivity (e.g. polystyrene, mineral wool).
- Continue the insulation layer through all joints of the structure.

Structural solutions

- Insulate foundations and walls without interruption.
- Install window and door frames so that the insulation covers the sides of the frame.

Installation quality

- Ensure careful installation work to avoid leakage.
- Use sealing tapes and mastic at joints.

Requisitos de las casas pasivas para los puentes térmicos

En la norma Passive House, se debe minimizar la influencia de los puentes térmicos:

El coeficiente de puente térmico (ψ) debe ser lo más cercano posible a cero.

El diseño de las casas pasivas utiliza simulaciones y cálculos específicos para identificar y eliminar las posibles fuentes de puentes térmicos.

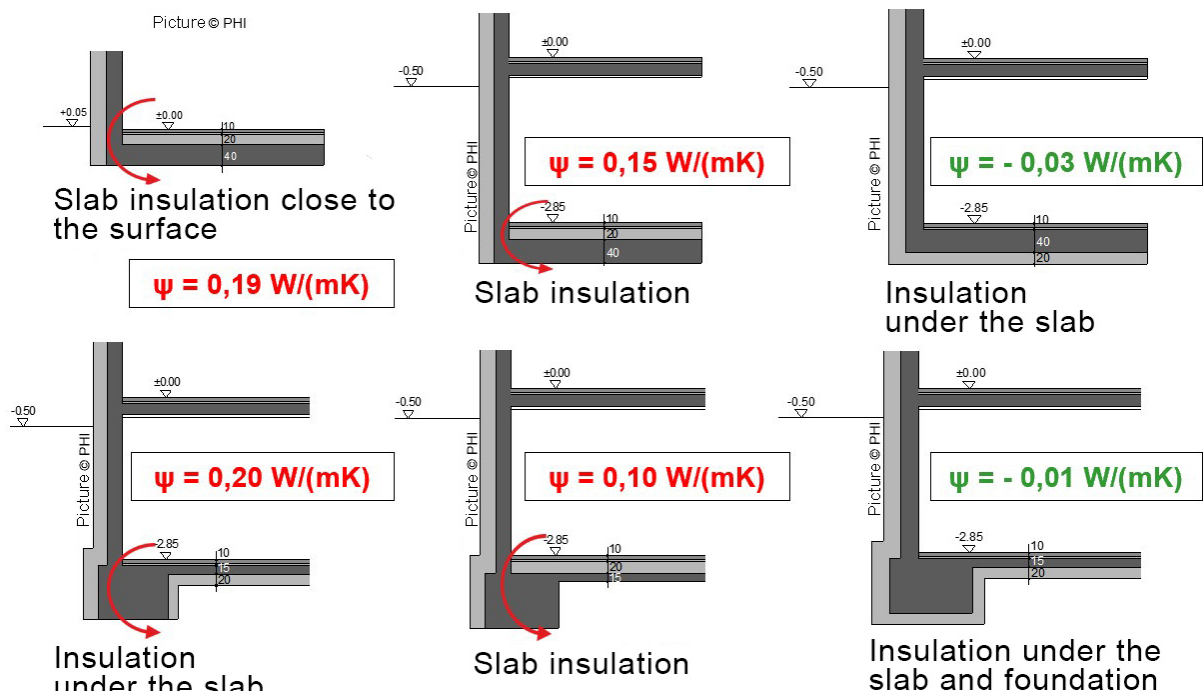
La reducción de los puentes térmicos es un aspecto fundamental del diseño de las casas pasivas. Evitarlos no solo reduce los costes energéticos, sino que también aumenta el confort, protege las estructuras de la humedad y prolonga la vida útil del edificio. El diseño, los materiales y las soluciones de instalación adecuados son fundamentales para el éxito.

5.3.4.2. Soluciones estructurales

La prevención de los puentes térmicos es una parte esencial del diseño y la construcción eficientes de edificios, especialmente en casas pasivas. Las soluciones de diseño adecuadamente seleccionadas pueden reducir la pérdida de calor, mejorar la eficiencia energética, prevenir la acumulación de humedad y aumentar el confort general de la vivienda.

Foundations and floors

- Insulation under floors: use high-density insulation boards (e.g. XPS or PIR) under floor and foundation slabs to prevent heat transfer through the ground.
- Thermal insulation blocks for foundations: install thermal insulation blocks in the transition zones between foundations and walls to reduce heat transfer.
- Continuity of insulation is crucial: insulation should cover the foundation and the edges of the floor to avoid breaks between insulation layers.



Construction without thermal bridges: $\psi \leq 0,01 \text{ W/(mK)}$

Figura 15 Soluciones estructurales con y sin puentes térmicos.

Walls and their connections

- Single layer of insulation: ensure that the insulation covers the entire external surface of the building, including corners and joints, without interruption.
- Insulation of wall and ceiling joints: avoid open corners of structures; use external insulation layers that extend across all joints.
- Multi-layered structures: use external insulation layers with appropriate diffusion membranes to ensure thermal conductivity reduction and moisture removal.

Solid construction - roof parapet with insulation block

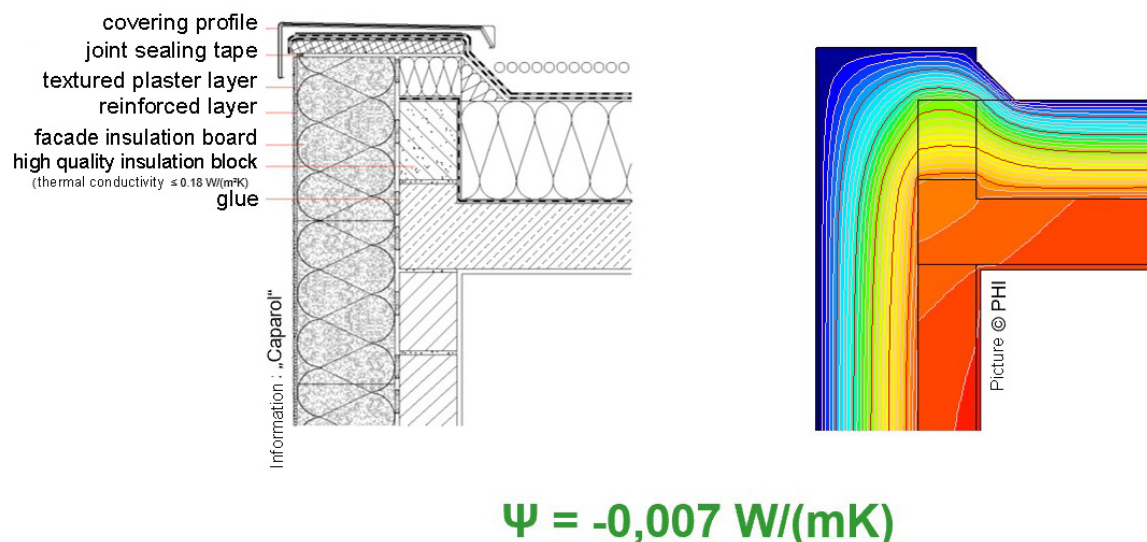


Fig. n.º 16 Montaje de parapeto de cubierta sin puente térmico.

Windows and doors

- Installation of windows in the insulation layer: windows should be installed in the external insulation layer to prevent heat loss through the window frames.
- Use of sealing strips: install special sealing strips between window/door frames and walls to prevent air and heat leakage.
- Low U-value windows: use triple glazing with low thermal conductivity frames.

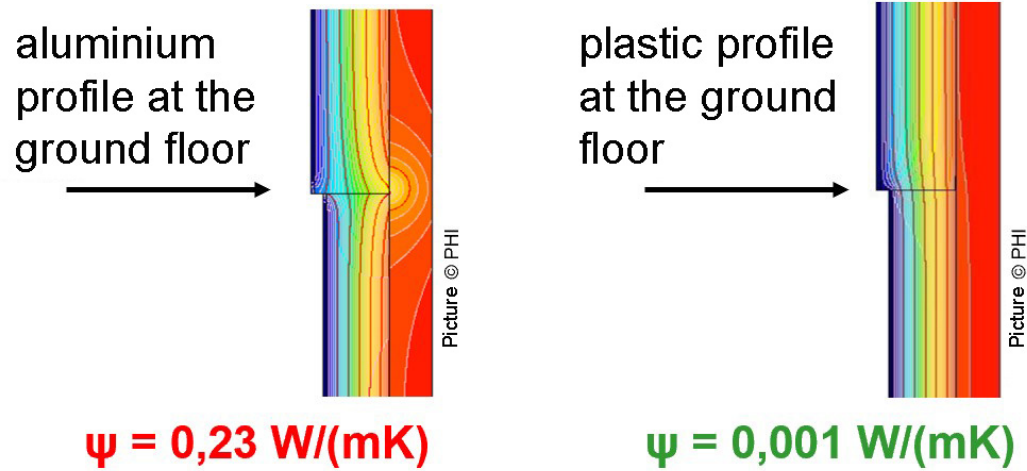


Figura 17 Puentes térmicos con diferentes materiales.

Balconies and other external structures

- Thermal insulation joints: balcony panels should be separated from the building by thermal insulation joints which reduce heat loss.
- Separate structural elements: where possible, balconies should be constructed as separate from the building to avoid heat transfer.

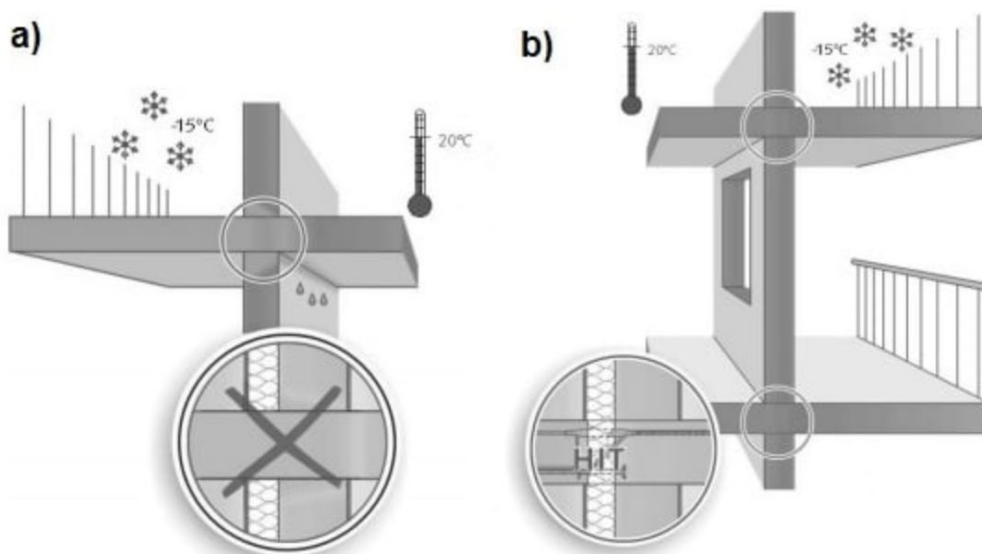


Figura 18 Solución de instalación de paneles de balcón sin puente térmico.

Roofs and overlays

- Thermal insulation at roof joints: the roof insulation shall be continuous and cover the entire joint between the walls and the roof.
- Avoid heat loss through the ridge: roof ridges shall be properly insulated using sealed insulation boards or spray insulation.

Transitions for pipelines and engineering systems

- Sealed penetrations: use special sealing devices for pipe and cable penetrations through walls, floors or roofs.
- Insulate piping: heating and cooling pipes must be insulated even in internal structures to reduce heat loss.

Materials used

- Insulation materials: use low thermal conductivity materials such as polyurethane (PUR), extruded polystyrene (XPS) or mineral wool.
- Thermal insulation blocks: incorporate thermal insulation blocks in structural joints to reduce heat transfer.
- Diffusion membranes: membranes protect against moisture but allow vapours to escape.

Ensuring airtightness

- Vapour barrier films: proper installation of vapour barriers to ensure airtightness and moisture control.
- Sealing tapes and mastics: use sealing materials at all joints to eliminate cracks and air leaks.

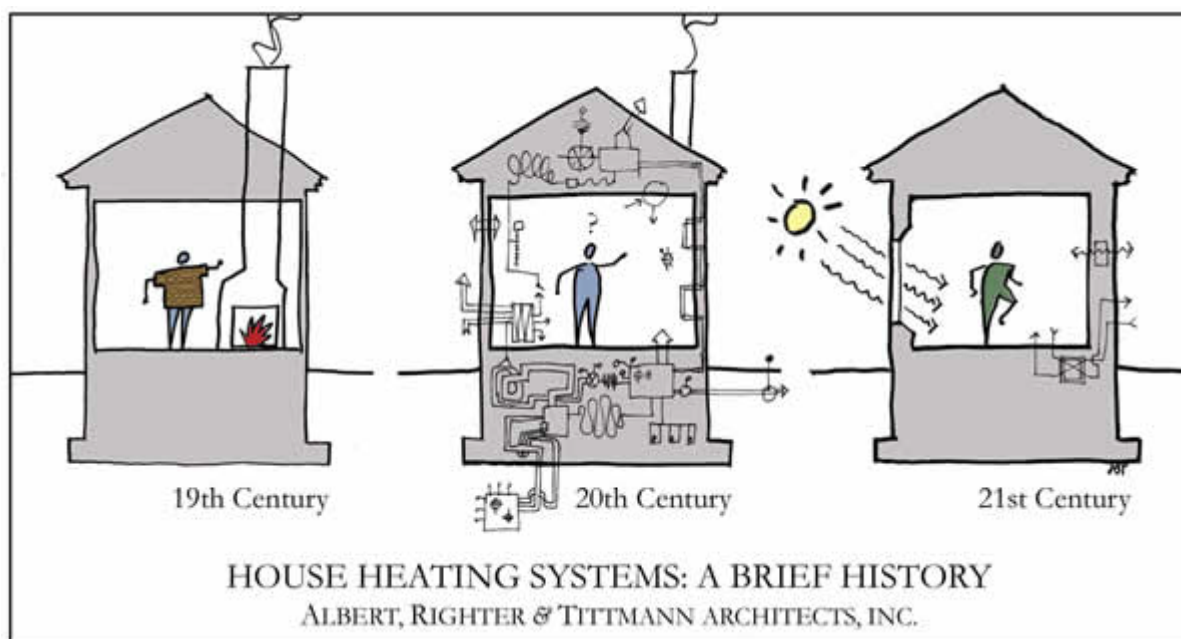
Las soluciones estructurales para evitar los puentes térmicos son una parte esencial de la construcción de casas pasivas. La selección adecuada de los materiales, los métodos de diseño y una instalación cuidadosa pueden minimizar la pérdida de energía, mejorar el confort y garantizar la longevidad del edificio.

Resumen de las ventajas de las casas pasivas

Una casa energéticamente eficiente tiene muchas ventajas medioambientales, económicas y sociales. Sin duda, también hay una serie de ventajas para los ocupantes de la propia casa pasiva.

- En comparación con otros tipos de edificios energéticamente eficientes similares, una casa pasiva es mucho más duradera y requiere menos mantenimiento.
- Mayor calidad de vida y confort.

- Reducción de las emisiones de CO₂: una casa de tamaño medio emite hasta 6000 kg de CO₂ al año. Vivir en una casa pasiva del mismo tamaño reduce la contaminación atmosférica en hasta 2100 kg de CO₂ al año.
- Reducción del ruido: las envolventes más gruesas y bien aisladas proporcionan una mejor protección contra el ruido exterior, lo que se traduce en habitaciones más silenciosas y un mayor descanso en las zonas cercanas a áreas ruidosas.
- Confort térmico (también en verano).
- Mejor calidad del aire interior. Aire fresco y limpio.
- Humedad y temperatura constantes.
- Mantenimiento más sencillo.
- Bajos costes de calefacción: una casa pasiva ahorra al menos un 75 % de la energía necesaria para la calefacción al año.
- Bajos costes de funcionamiento.
- Mayor y más estable valor del edificio: el precio de venta de una casa energéticamente eficiente será hasta un 30 % más alto que el de una casa convencional.
- Libertad de diseño.
- Menos equipamiento técnico.
- Menor dependencia de los recursos energéticos importados.



Referencias

Imagen de la portada https://passiv.de/en/02_information/02_passive-house-requirements/02_passive-house-requirements.htm

Figura 8 <https://i1.wp.com/www.aterma.it/wp-content/uploads/2019/05/dumai.jpg>

Figura 10 <https://smartair.it/rekuperatoriaus-balansavimas>

Figura 11 <http://www.manevras.lt/index.php?id=39&print=1>

Figura 13 <https://www.komfovent.lt/lt/atsisiuntimai>

Figura 14 <https://www.komfovent.lt/lt/atsisiuntimai>

Figura 18 <https://denia.lt/balkonai-be-salcio-tiltelio-halfen-konstrukciniai-sprendiniai/>

Lecturas recomendadas:

«La casa pasiva: fundamentos, diseño, construcción» (Jürgen Schnieders).

«Passive House Design» (Emma Walshaw).

Enlaces útiles:

Instituto Passivhaus: www.passiv.de

Asociación Internacional Passive House: www.passivehouse-international.org

<https://smartair.lt/rekuperatoriaus-balansavimas>

<https://i1.wp.com/www.aterma.lt/wp-content/uploads/2019/05/dumai.jpg>

<http://www.manevras.lt/index.php?id=39&print=1>

<https://www.komfovent.lt/lt/atsisiuntimai>

Herramientas útiles:

PHPP (Passive House Planning Package): software de cálculo energético para casas pasivas.

6 - Resultados

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

7- Lo que hemos aprendido

Conocimientos básicos sobre las casas pasivas.

Diversas soluciones pasivas y activas aplicadas en el edificio para cumplir con los estándares de las casas pasivas.