

MANUAL DE LA CONSTRUCCIÓN PASIVA Y EFICIENTE



**CONSORCIO
PASSIVHAUS**

ASOCIACIÓN
DE LA CONSTRUCCIÓN PASIVA
DE ESPAÑA

El Manual de la construcción Pasiva y eficiente es un proyecto de:

Consorcio Passivhaus, Asociación de la Construcción Pasiva de España



**CONSORCIO
PASSIVHAUS**
ASOCIACIÓN
DE LA CONSTRUCCIÓN PASIVA
DE ESPAÑA

Consorcio Passivhaus edificios de consumo casi nulo

Avenida Rey Juan Carlos 92 – 28916 Leganés – Madrid (España)

Tel.: (+34) 602 254 544

Correo-e: info@consorciopassivhaus.com

URL: <https://www.consorciopassivhaus.com/>

Fecha: febrero de 2026

ISBN: 978-84-10015-94-4

Páginas: 92

Formato:

La publicación está disponible on-line en el sitio web de la asociación

Consulte disponibilidad y precios de la publicación impresa en el sitio web de la asociación

Más información en www.consorciopassivhaus.com

© Consorcio Passivhaus edificios de consumo casi nulo

Todos los derechos de esta publicación están reservados y pertenecen a Consorcio Passivhaus edificios de consumo casi nulo, a sus miembros y al resto de entidades colaboradoras.

Todas las entidades participantes en la elaboración de esta publicación han hecho un gran esfuerzo por asegurar que toda la información contenida en la presente guía es correcta y precisa, pero no aceptan responsabilidad alguna por los errores ni por los perjuicios de cualquier clase que pudiera originar el uso y aplicación del contenido de esta publicación.

Esta publicación se ha elaborado para ser utilizada por técnicos con capacidad para evaluar su contenido y cada lector asume la responsabilidad del uso de la información del presente documento.

Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o distribuirse de ninguna forma, ni por ningún medio sin la previa autorización por escrito de los autores de la publicación.

Esta publicación ha sido coordinada por:



Tel.: (+34) 674 250 883

E-mail: info@rabuso.com

Web: www.rabuso.com

1. Presentación

Este Manual de la construcción pasiva y eficiente del Consorcio Passivhaus nace con el objetivo de ofrecer una visión clara, rigurosa y aplicada de la construcción pasiva, integrada y eficiente en el contexto actual de la edificación en España.

El documento recoge y ordena los principios fundamentales que permiten reducir de forma significativa la demanda energética de los edificios, mejorar el confort interior y garantizar un comportamiento térmico estable y predecible a lo largo de su vida útil. A través de un enfoque técnico pero accesible, el Manual de la construcción pasiva y eficiente aborda desde los fundamentos físicos de la envolvente hasta la integración de sistemas, la ventilación de alta eficiencia, la gestión inteligente de la energía y su encaje con la normativa vigente.

Su elaboración ha contado con la participación del Comité Técnico del Consorcio y con la colaboración de profesionales y entidades del sector, lo que ha permitido contrastar los contenidos con la práctica real del proyecto y la obra. El resultado es un documento que no pretende sustituir a la normativa ni a los manuales especializados, sino servir como **guía de referencia**, apoyo técnico y marco común para la toma de decisiones.

El Manual de la construcción pasiva y eficiente está dirigido a proyectistas, direcciones facultativas, empresas constructoras, instaladores, promotores, administraciones y, en general, a todos aquellos agentes interesados en avanzar hacia una edificación de altas prestaciones energéticas, alineada con los objetivos de descarbonización, eficiencia y calidad del entorno construido.

Con esta publicación, el Consorcio Passivhaus refuerza su compromiso con la difusión del conocimiento técnico, la mejora continua del sector y la promoción de modelos constructivos más eficientes, saludables y sostenibles.

2. Índice de contenidos

| Contenido | Página |
|---|-----------|
| 1. Presentación | 3 |
| 2. Índice de contenidos | 4 |
| 3. Introducción | 6 |
| 3.1. Alcance y función del Manual de la construcción pasiva y eficiente | 6 |
| 3.2. Público objetivo | 6 |
| 4. Marco conceptual: los seis principios de la construcción Pasiva | 7 |
| 5. Principio 1 — Aislamiento térmico | 9 |
| 5.1. ¿Qué es el aislamiento térmico y por qué es determinante? | 9 |
| 5.2. Aislamiento térmico y marco normativo: CTE y construcción Pasiva | 11 |
| 5.3. Decisiones de proyecto que condicionan la ejecución | 14 |
| 5.4. Aplicación práctica en obra | 15 |
| 5.4.1. <i>Ejecución en obra: puntos críticos</i> | 15 |
| 5.4.2. <i>Control de calidad y verificación</i> | 16 |
| 5.4.3. <i>Errores frecuentes</i> | 17 |
| 5.4.4. <i>Checklist de obra</i> | 18 |
| 6. Principio 2 — Puentes térmicos | 19 |
| 6.1. ¿Qué es un puente térmico y por qué es crítico eliminarlo? | 19 |
| 6.2. Puentes térmicos y marco normativo: CTE y construcción Pasiva | 21 |
| 6.3. Decisiones de proyecto que condicionan la ejecución | 23 |
| 6.4. Aplicación práctica en obra | 24 |
| 6.4.1. <i>Ejecución en obra: puntos críticos</i> | 24 |
| 6.4.2. <i>Control de calidad y verificación</i> | 25 |
| 6.4.3. <i>Errores frecuentes</i> | 25 |
| 6.4.4. <i>Checklist de obra</i> | 28 |
| 7. Principio 3 — Hermeticidad | 29 |
| 7.1. ¿Qué es la hermeticidad y por qué es determinante? | 29 |
| 7.2. Hermeticidad y marco normativo: CTE y construcción Pasiva | 30 |
| 7.3. Decisiones de proyecto que condicionan la ejecución | 34 |
| 7.4. Aplicación práctica en obra | 35 |
| 7.4.1. <i>Ejecución en obra: puntos críticos</i> | 35 |
| 7.4.2. <i>Control de calidad y verificación</i> | 36 |
| 7.4.3. <i>Errores frecuentes</i> | 37 |
| 7.4.4. <i>Checklist de obra</i> | 38 |

| | |
|--|-----------|
| 8. Principio 4 — Ventanas de altas prestaciones | 39 |
| 8.1. ¿Qué son las ventanas de altas prestaciones y por qué son determinantes? | 39 |
| 8.2. Ventanas de altas prestaciones y marco normativo: CTE y construcción Pasiva | 41 |
| 8.3. Decisiones de proyecto que condicionan la ejecución | 44 |
| 8.4. Aplicación práctica en obra | 46 |
| 8.4.1. <i>Ejecución en obra: puntos críticos</i> | 46 |
| 8.4.2. <i>Control de calidad y verificación</i> | 47 |
| 8.4.3. <i>Errores frecuentes</i> | 48 |
| 8.4.4. <i>Checklist de obra</i> | 49 |
| 9. Principio 5 — Ventilación mecánica controlada con recuperación de calor (VMRC) | 50 |
| 9.1. ¿Qué es la ventilación mecánica con recuperación de calor? | 50 |
| 9.2. Ventilación mecánica de doble flujo y marco normativo: CTE y construcción Pasiva | 51 |
| 9.3. Decisiones de proyecto que condicionan la ejecución | 54 |
| 9.4. Aplicación práctica en obra | 55 |
| 9.4.1. <i>Ejecución en obra: puntos críticos</i> | 55 |
| 9.4.3. <i>Control de calidad y verificación</i> | 56 |
| 9.4.3. <i>Errores frecuentes</i> | 57 |
| 9.4.4. <i>Checklist de obra</i> | 58 |
| 10. Principio 6 — Control solar | 59 |
| 10.1. ¿Qué es el control solar y por qué es determinante? | 59 |
| 10.2. Control solar y marco normativo: CTE y construcción Pasiva | 62 |
| 10.3. Decisiones de proyecto que condicionan la ejecución | 65 |
| 10.4. Aplicación práctica en obra | 66 |
| 10.4.1. <i>Ejecución en obra: puntos críticos</i> | 66 |
| 10.4.2. <i>Control de calidad y verificación</i> | 67 |
| 10.4.3. <i>Errores frecuentes</i> | 67 |
| 10.4.4. <i>Checklist de obra</i> | 68 |
| 11. Control y monitorización | 69 |
| 11.1. El edificio eficiente como sistema controlado | 69 |
| 11.2. Marco normativo y estándares: CTE y construcción Pasiva | 73 |
| 11.3. Control operativo y rendimiento real del edificio | 75 |
| 11.4. Recomendaciones técnicas para una implantación eficaz | 76 |
| 11.5. Errores habituales en proyectos reales | 77 |
| 12. Agradecimientos | 78 |
| Anexo 1. Glosario de términos | 79 |
| Anexo 2. Referencias normativas y bibliografía | 80 |
| Anexo 3. Plantillas de proyecto | 81 |
| 13. Consorcio Passivhaus | 83 |

3. Introducción

3.1. Alcance y función del Manual de la construcción pasiva y eficiente

Este Manual de la construcción pasiva y eficiente traduce los principios de la construcción pasiva y la edificación eficiente a decisiones concretas de proyecto y obra en, vivienda y pequeño terciario en España. Su objetivo es facilitar el cumplimiento del CTE (principalmente los Documentos Básicos HE y HS) y ofrecer una ruta clara cuando se desean alcanzar prestaciones superiores, como las que plantea el estándar Passivhaus.

El marco europeo actual, reforzado por la Directiva de Eficiencia Energética de Edificios (EPBD 2024/1275), impulsa la rehabilitación profunda, la integración de energías renovables, la calidad del aire interior y la digitalización del parque edificatorio. Este Manual de la construcción pasiva y eficiente interpreta dichas metas dentro del contexto español, conectando el CTE con los criterios avanzados de construcción Pasiva, como las demandas energéticas, la hermeticidad según ISO 9972 o el control del sobrecalentamiento. También relaciona estos objetivos con los parámetros normativos nacionales (transmitancias, permeabilidad al aire o caudales de ventilación) para facilitar su aplicación práctica.

Los fundamentos de los sistemas pasivos (aislamiento continuo, control de puentes térmicos, hermeticidad, carpinterías de altas prestaciones, ventilación con recuperación y estrategias de control solar) se explican como un conjunto coordinado, el cual debe responder tanto a la geometría del edificio como a su clima. Se subraya la importancia de las sinergias entre soluciones: aislar sin hermetizar reduce eficacia, una ventana excelente sin sombra puede provocar sobrecalentamiento y una ventilación bien dimensionada sin diseño acústico adecuado compromete el confort.

En los climas cálidos característicos de gran parte de España, se presta especial atención al control de las ganancias solares y al aprovechamiento de la ventilación nocturna, factores que condicionan el confort de verano.

El Manual de la construcción pasiva y eficiente adopta un enfoque práctico. Prioriza criterios verificables, tablas de decisión, detalles constructivos, errores frecuentes y listas de verificación aplicables tanto en obra nueva como en rehabilitación. Todo ello se acompaña de referencias al CTE, a los Documentos de Apoyo y a las guías del Passivhaus Institut, para facilitar decisiones coherentes que mejoren la eficiencia, la durabilidad y la calidad del ambiente interior.

3.2. Público objetivo

Este Manual de la construcción pasiva y eficiente está dirigido principalmente a profesionales que se inician o desean avanzar en el ámbito de la edificación de alta eficiencia: proyectistas, direcciones facultativas, jefes de obra, instaladores y consultores energéticos que necesitan una referencia clara y práctica para aplicar criterios de baja demanda energética, control de calidad y confort interior conforme al CTE y, cuando procede, a construcción Pasiva.

También es útil para promotores y clientes finales interesados en comprender qué decisiones de diseño y ejecución influyen realmente en el rendimiento del edificio. El Manual de la construcción pasiva y eficiente les ayuda a interpretar conceptos clave (aislamiento, hermeticidad, ventilación, control solar) y a valorar propuestas técnicas con mayor criterio, facilitando una comunicación más clara con los equipos de proyecto y obra.

4. Marco conceptual: los seis principios de la construcción Pasiva

La edificación de muy baja demanda energética se basa en un conjunto de principios técnicos que, aplicados de forma coordinada, permiten alcanzar altos niveles de eficiencia, confort y salubridad. Estos principios son esenciales para diseñar y construir **edificios de consumo casi nulo**, definidos en la normativa europea como aquellos con una demanda energética muy reducida que se cubre mayoritariamente con energías renovables. A partir de este concepto, es habitual emplear la abreviatura internacional **nZEB** (*nearly Zero Energy Building*).

Este Manual de la construcción pasiva y eficiente utiliza estos principios como eje central para explicar cómo lograr edificios compatibles con los requisitos del CTE, con la EPBD 2024/1275 y, cuando se desea un nivel superior de prestaciones, con el estándar Passivhaus.

Tradicionalmente, el estándar Passivhaus define **cinco principios fundamentales**. No obstante, en climas del sur de Europa, el **control solar** adquiere una relevancia decisiva para evitar el sobrecalentamiento estival y garantizar el confort en condiciones reales de uso. Por este motivo, este Manual de la construcción pasiva y eficiente adopta un enfoque **5+1**, incorporando el control solar como principio específico dentro de una visión más amplia de la **edificación de alta eficiencia y bajo consumo**.



Promoción de vivienda pública en Tudela

Los **seis principios fundamentales** son:

1. **Aislamiento térmico**
2. **Ausencia de puentes térmicos**
3. **Hermeticidad**
4. **Ventanas de altas prestaciones**
5. **Ventilación mecánica controlada (VMC)**
6. **Control solar**

Estos principios no actúan de manera aislada: forman un sistema en el que cada componente condiciona el rendimiento del resto. Antes de analizarlos individualmente, es importante comprender la lógica conjunta que los une.

Un conjunto de principios que funcionan como un sistema:

El comportamiento energético de un edificio depende no sólo de la calidad de cada elemento constructivo, sino también de **cómo interactúan entre sí**. Un edificio puede tener un buen aislamiento o unas ventanas excelentes, pero si el conjunto no está equilibrado, el resultado final no alcanzará los niveles esperados de eficiencia ni de confort.

En la edificación pasiva, cada principio cumple un papel específico, pero su eficacia depende en gran medida de la correcta aplicación del resto. De hecho, la transición hacia edificios de consumo casi nulo y hacia estándares más exigentes como Passivhaus exige un enfoque sistémico: no basta con mejorar un único elemento, sino que es necesario garantizar la coherencia de toda la envolvente y de las estrategias de ventilación y control solar.

Este enfoque integrado se resume de forma clara en la relación entre los principios:

- El aislamiento es efectivo cuando la envolvente está libre de puentes térmicos y presenta hermeticidad suficiente.
- Las ventanas de altas prestaciones alcanzan su potencial únicamente cuando se integran en envolventes con buen aislamiento térmico y se acompañan de un control solar adecuado, especialmente relevante en climas cálidos.
- La ventilación mecánica controlada aprovecha la hermeticidad para garantizar una renovación del aire higiénica y eficiente.
- El control solar evita el sobrecalentamiento estival, complementando la función del aislamiento térmico y de las ventanas de altas prestaciones.

Cuando estos principios se aplican de manera coherente, el edificio logra lo que caracteriza a un consumo casi nulo:

- Una demanda energética muy baja
- Estabilidad térmica y confort durante todo el año
- Una buena calidad del aire interior
- Una mayor durabilidad y fiabilidad de los sistemas constructivos

Por eso, el valor de cada principio no reside únicamente en su desempeño individual, sino en su papel dentro de un **sistema constructivo continuo, equilibrado y bien ejecutado**. Esta es la base del diseño y de la ejecución de edificios eficientes y constituye el hilo conductor de los capítulos que siguen.

Relación con el CTE, la EPBD y Passivhaus:

Cada principio tiene una correspondencia clara con las principales normas y estándares:

- **CTE DB-HE** establece requisitos sobre envolvente térmica, control solar ($q_{sol};jul$) y eficiencia global, que conforman el marco básico para edificios de consumo casi nulo.
- **CTE DB-HS 3** define las condiciones de ventilación necesarias para garantizar una adecuada calidad del aire interior.
- La **EPBD 2024/1275** impulsa la rehabilitación profunda, la mejora de la ventilación, la integración de renovables y la digitalización del parque edificado, reforzando la necesidad de envolventes de alta calidad y sistemas de ventilación eficientes.
- **Passivhaus** proporciona un marco de excelencia técnica que cubre todos estos principios con niveles de exigencia claramente superiores al CTE, haciendo imprescindible la ventilación mecánica controlada y un control muy preciso del comportamiento térmico del edificio.

Los capítulos siguientes desarrollan cada uno de los seis principios, mostrando cómo diseñarlos y ejecutarlos correctamente, qué errores deben evitarse y cómo verificarlos en obra nueva y rehabilitación.

5. Principio 1 — Aislamiento térmico

5.1. ¿Qué es el aislamiento térmico y por qué es determinante?

El aislamiento térmico es el conjunto de capas cuya función es reducir la transferencia de calor entre el interior y el exterior del edificio. Actúa como el “abrigo” que envuelve el volumen habitable y permite mantener una temperatura interior estable, limitando las pérdidas de calor en invierno y las ganancias en verano.



Promoción de vivienda pública

Es uno de los pilares fundamentales de la edificación eficiente y de los edificios de consumo casi nulo, ya que condiciona de forma directa la demanda energética, el confort térmico y la durabilidad de los cerramientos. Un edificio correctamente aislado necesita menos energía para climatizarse y presenta temperaturas interiores más homogéneas, pero estas ventajas solo se consolidan cuando el aislamiento se combina con una ventilación correctamente diseñada y un adecuado control higrotérmico, ya que una envolvente muy aislada sin una ventilación eficaz puede amplificar problemas de humedad y condensaciones.

Desde el punto de vista físico, el calor siempre se desplaza desde la zona más caliente hacia la más fría. El aislamiento no puede eliminar completamente este flujo, pero lo puede retrasar de forma significativa, mejorando:

- Estabilidad térmica interior
- Eficiencia energética del edificio
- Confort radiativo percibido por los ocupantes
- Ausencia de condensaciones superficiales e intersticiales

El comportamiento térmico de un edificio lo definen las transmitancias térmicas (U) de sus distintos cerramientos (fachadas, cubiertas, suelos, huecos). El valor U expresa la capacidad de un cerramiento completo para transmitir energía y, por tanto, para perder o ganar calor. Cuanto menor es la U , menor energía intercambia el edificio con el exterior y mayor es el confort interior.

Este valor U depende de las distintas capas que componen cada cerramiento, de su espesor y de la conductividad térmica (λ) de cada material. La conductividad térmica (λ) mide la facilidad con la que un material transmite calor: cuanto menor es la λ , menor calor transmite el material y mayor es su capacidad aislante. Por ello, un material con una λ más baja puede alcanzar el mismo nivel de aislamiento con menor espesor que otro con una λ más elevada.

En consecuencia, el diseño térmico no debe centrarse únicamente en el material aislante, sino en el conjunto del cerramiento, analizando todas sus capas, su orden, su espesor y su comportamiento higrotérmico.

Materiales de aislamiento y criterio de elección:

Los materiales de aislamiento pueden agruparse de forma orientativa en función de su **conductividad térmica (λ)**, entendida como la capacidad de un material para transmitir calor. Cuanto menor es **la λ , mayor es la capacidad aislante del material**, aunque este parámetro no debe considerarse de forma aislada, ya que el comportamiento final depende siempre del sistema constructivo completo.

De manera general, pueden distinguirse tres grandes grupos:

- **Materiales con conductividad térmica más baja**, que permiten alcanzar altas prestaciones térmicas con espesores relativamente contenidos. En este grupo se incluyen distintos aislamientos de altas prestaciones, como poliuretano (PUR), poliisocianurato (PIR), paneles fenólicos, aerogeles u otros sistemas técnicos específicos, empleados habitualmente cuando el espacio disponible es limitado o se buscan soluciones de muy alta eficiencia.
- **Materiales con conductividad térmica intermedia**, que ofrecen un equilibrio adecuado entre prestaciones térmicas, comportamiento acústico, reacción al fuego y facilidad de puesta en obra. En este grupo se sitúan las lanas minerales (lana de roca y lana de vidrio), así como determinadas fibras técnicas y paneles semirrígidos, muy utilizados en edificación residencial por su versatilidad y buen comportamiento global.
- **Materiales con conductividad térmica más elevada**, generalmente de origen natural, como el corcho, la celulosa o el cáñamo, que destacan por su buen comportamiento higrotérmico, su capacidad de regulación de la humedad, su contribución a la inercia térmica del edificio y su menor impacto ambiental, aunque requieren mayores espesores para alcanzar el mismo nivel de aislamiento.

Más allá del material elegido, **los factores verdaderamente determinantes son la continuidad del aislamiento a lo largo de toda la envolvente y la adecuación del espesor al contexto climático y constructivo**, evitando interrupciones o insuficiencias que generen puentes térmicos o pérdidas puntuales de prestaciones. El valor de λ condiciona el espesor necesario, pero **no garantiza por sí solo el buen comportamiento térmico del edificio**.

El aislamiento actúa en todos los elementos que separan el espacio habitable del exterior o de zonas no climatizadas (fachadas, cubiertas, suelos y particiones contra espacios no habitables) y su correcta disposición y continuidad en todos estos ámbitos es clave para que el edificio funcione como un conjunto coherente.



Promoción de vivienda pública en Tudela

5.2 Aislamiento térmico y marco normativo: CTE y construcción Pasiva

El aislamiento térmico es uno de los ámbitos donde mejor se aprecia la diferencia entre un enfoque normativo mínimo y una estrategia de alta eficiencia. Aunque tanto el Código Técnico de la Edificación como el estándar Passivhaus persiguen reducir el consumo energético del edificio, lo hacen desde criterios y niveles de exigencia claramente distintos.

El CTE establece unos requisitos mínimos con el objetivo de garantizar un nivel básico de eficiencia energética, mientras que la construcción Pasiva plantea un enfoque prestacional orientado a reducir al máximo la demanda energética y a asegurar un elevado confort interior. Esta diferencia de planteamiento condiciona tanto el diseño como la ejecución del aislamiento térmico.

¿Cómo evalúa el CTE el aislamiento térmico?:

El CTE evalúa el aislamiento térmico a partir de una combinación de requisitos por elemento y de indicadores globales del edificio. En particular, se basa en:

- **La transmitancia térmica (U)** de cada cerramiento, con valores límite definidos según la zona climática.
- **El control del riesgo de condensaciones**, conforme a la UNE-EN ISO 13788 y los Documentos de Apoyo.
- **La evaluación del consumo global de energía primaria**, mediante herramientas reconocidas como HULC.

De forma orientativa, los valores de transmitancia térmica exigidos por el CTE se sitúan habitualmente en los siguientes rangos:

- **Fachadas:** U entre 0,30 y 0,50 W/m²·K
- **Cubiertas:** U entre 0,20 y 0,35 W/m²·K
- **Suelos:** U entre 0,30 y 0,50 W/m²·K

El CTE no exige espesores concretos de aislamiento, sino únicamente el cumplimiento de estos valores límite de U. Este planteamiento permite alcanzar el cumplimiento normativo con soluciones y espesores reducidos, pero no garantiza necesariamente un confort elevado ni una continuidad completa del aislamiento en los puntos singulares de la envolvente.

¿Cómo evalúa la construcción Pasiva el aislamiento térmico?:

El estándar **Passivhaus no fija valores únicos de transmitancia térmica por cerramiento, sino que evalúa el comportamiento global del edificio mediante un balance energético completo.** Los criterios exactos dependen del tipo de certificación (Classic, Plus, Premium, Low Energy), de la zona climática y de la geometría del edificio.

La construcción Pasiva evalúa, entre otros aspectos:

- La demanda anual de calefacción y refrigeración
- La Material de aislamiento:
- La temperatura superficial interior de los cerramientos
- La hermeticidad del edificio
- La eliminación o modelización precisa de los puentes térmicos

Este enfoque conduce, en la práctica, a valores de transmitancia térmica sensiblemente inferiores a los habituales del CTE. De forma orientativa, y con carácter meramente indicativo, se trabajan habitualmente los siguientes rangos, que pueden variar de manera significativa debido a la amplia diversidad climática y constructiva en España:

- Fachadas: $U \approx 0,12 - 0,25 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- Cubiertas: $U \approx 0,10 - 0,18 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- Soleras: $U \approx 0,15 - 0,35 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

Los espesores de aislamiento asociados a estos valores, suponiendo la incorporación de un aislamiento continuo exterior y un material con una conductividad térmica media, suelen situarse de forma orientativa en:

- 10–18 cm en muros
- 16–30 cm en cubiertas
- 8–20 cm en suelos

Estos valores deben entenderse únicamente como referencias de orden de magnitud, ya que pueden variar de forma significativa en función de la zona climática, la orientación, la compacidad del edificio, la solución constructiva base del cerramiento, la conductividad térmica real del material empleado y el tipo de certificación Passivhaus perseguida.

A diferencia del enfoque normativo mínimo, la **construcción Pasiva** exige la continuidad total del aislamiento y la eliminación o modelización precisa de cualquier puente térmico, con el objetivo de garantizar tanto la eficiencia energética como el confort interior.

Comparativa CTE – Passivhaus en relación con el aislamiento térmico:

La siguiente tabla resume estas diferencias desde el punto de vista de proyecto y obra:

| COMPARATIVA CTE – PASSIVHAUS EN RELACIÓN CON EL AISLAMIENTO TÉRMICO | | | |
|---|---|--|--|
| Aspecto | CTE (DB-HE/HS) | Passivhaus | Implicación en proyecto y obra |
| Magnitudes de control | U por elemento, K global, q _{sol} ;jul | Demanda y carga mediante PHPP; confort superficial | Dimensionar por balance, no por catálogo |
| Herramientas | HULC | PHPP | Cruce de resultados para coherencia |
| Continuidad del aislamiento | No exigida explícitamente | Exigida en toda la envolvente | Atención sistemática a encuentros |
| Puentes térmicos | Limitados | Eliminados o modelizados ($\psi \leq 0,01$) | Detalles constructivos críticos |
| Riesgo higrotérmico | DA/HS (fRsi y condensaciones) | Control de superficies frías en PHPP | Jambas, umbrales y frentes de forjado |
| Ejecución y control | Plan de control de obra | Ensayos y verificaciones cualitativas | Registro fotográfico y checklists |

Las diferencias entre ambos enfoques no se limitan al nivel de exigencia, sino que afectan al propio modo de concebir el diseño y la ejecución del edificio. Mientras que el CTE permite abordar el aislamiento de forma más fragmentada, la construcción Pasiva exige una visión continua y coherente de toda la envolvente térmica.



Promoción de vivienda pública en Sarriguren

5.3 Decisiones de proyecto que condicionan la ejecución

Para que el aislamiento térmico funcione correctamente en obra, determinadas decisiones deben quedar bien definidas desde la fase de proyecto. La ausencia de estas definiciones suele traducirse en improvisaciones, soluciones incoherentes o pérdidas de prestaciones durante la ejecución.

En particular, deben quedar resueltos los siguientes aspectos:



Ideas clave — Principio 1: Aislamiento térmico

El aislamiento térmico es la primera palanca para reducir la demanda energética de un edificio. Más allá del material o del espesor, la clave está en su continuidad real, en la correcta resolución de los encuentros y en una ejecución cuidada. Cumplir el CTE es un punto de partida; una visión global del aislamiento permite acercarse al confort y al rendimiento propios de los edificios de consumo casi nulo.

- **Material de aislamiento:**
Selección en función de la conductividad térmica declarada del material (λ_D según DoP), estabilidad dimensional, reacción al fuego, comportamiento acústico y respuesta higrotérmica.
- **Espesor de aislamiento:**
Definición mediante cálculo (HULC y/o PHPP), evitando soluciones basadas únicamente en espesores mínimos o criterios comerciales.
- **Continuidad tridimensional del aislamiento:**
Definición gráfica del trazo térmico sin interrupciones, prestando especial atención a los zócalos, coronaciones, frentes de forjado y huecos.
- **Compatibilidad entre sistemas:**
Verificación de la compatibilidad entre aislamiento, adhesivos, morteros, fijaciones y anclajes, especialmente en sistemas SATE o fachadas ventiladas.
- **Riesgo higrotérmico:**
Orden correcto de las capas del cerramiento superficiales y verificación del comportamiento frente a condensaciones intersticiales, incluyendo, cuando sea necesario, la disposición de barreras o frenos de vapor adecuadamente ubicados.

5.4 Aplicación práctica en obra

5.4.1 Ejecución en obra: puntos críticos

La ejecución del aislamiento térmico es uno de los aspectos más sensibles de la obra, ya que pequeñas discontinuidades pueden tener un impacto desproporcionado en el comportamiento energético del edificio y en el confort interior. En edificios de consumo casi nulo, estas discontinuidades suelen concentrarse en los encuentros y remates, donde se produce la mayor parte de las pérdidas térmicas si no se cuidan los detalles.

Los puntos críticos más habituales y que requieren una especial atención en fase de ejecución, son los siguientes:

- **Zócalos con SATE:**

El arranque del aislamiento en contacto con el terreno debe resolverse con especial cuidado. Es recomendable un **arranque elevado** evitando la creación de puentes térmicos y/o zonas sin aislar, el uso de **perfil de inicio con aislamiento integrado** y una **barrera frente a la humedad por capilaridad**, asegurando la continuidad térmica entre fachada y solera.

- **Coronaciones:**

En petos, cornisas y remates superiores es habitual que el aislamiento se interrumpa. Debe garantizarse la **continuidad del aislamiento bajo la coronación**, combinándola con **remates impermeables** que no introduzcan puentes térmicos.

- **Frentes de forjado y balcones:**

Los frentes de forjado y voladizos concentran pérdidas térmicas si no se tratan correctamente. La solución pasa por **envolver el canto del forjado con el aislamiento** o emplear **elementos de rotura térmica** en balcones y elementos en vuelo.

- **Huecos:**

Los huecos son puntos singulares clave en la envolvente. El uso de **premarcos aislados, vierteaguas con rotura térmica** y el **aislamiento continuo de jambas y umbrales** permite integrar la carpintería en el plano térmico del edificio.

Una correcta **coordinación entre oficios** y una **supervisión continua** durante la ejecución son esenciales para evitar interrupciones del aislamiento y soluciones improvisadas que comprometan el resultado final.

5.4.2 Control de calidad y verificación

El control de calidad del aislamiento térmico debe plantearse como un proceso continuo, que acompaña al proyecto, a la ejecución y a la fase posterior a la obra. Solo de este modo es posible garantizar que las prestaciones previstas en el diseño se alcanzan realmente en el edificio construido.

Este control puede estructurarse de forma clara en tres fases complementarias:

- **Proyecto:**

En fase de proyecto es imprescindible disponer de una **memoria de cálculo coherente**, que justifique los valores de transmitancia térmica (U) y, cuando proceda, el valor global K del edificio.

Dichos cálculos deberán definir explícitamente las distintas capas de la envolvente, indicando para cada una su material, conductividad térmica (λ) y espesor, de forma que las prestaciones queden claramente vinculadas a los productos especificados.

Asimismo, deben definirse **detalles constructivos específicos** que resuelvan todos los puntos singulares de la envolvente, acompañados de un **listado de encuentros críticos** que sirva de referencia para la obra.

- **Obra:**

Durante la ejecución, el control debe centrarse en verificar que lo proyectado se materializa correctamente. Esto incluye la **recepción y comprobación de la documentación de los materiales** (Declaraciones de Prestaciones, ETAs), la verificación de los **espesores reales ejecutados** y de que los materiales instalados corresponden a las conductividades térmicas (λ) previstas en proyecto, la correcta colocación del aislamiento y su **continuidad**, así como la compatibilidad entre los distintos sistemas.

Es recomendable establecer un **plan de inspecciones en obra** (adherencia, planeidad, alineación, fijaciones) y realizar un **registro fotográfico** de los puntos singulares antes de su ocultación.

- **Post obra:**

Una vez finalizada la ejecución, pueden realizarse **verificaciones cualitativas** del resultado. La **termografía infrarroja, preferentemente en periodo invernal y en condiciones adecuadas**, permite detectar discontinuidades o defectos en la envolvente. En casos concretos, el uso de **sondas puntuales de humedad relativa** puede ayudar a evaluar el comportamiento higratérmico en zonas sensibles.

Este enfoque por fases facilita la detección temprana de errores, reduce riesgos en obra y asegura que el aislamiento térmico cumpla su función durante toda la vida útil del edificio.

5.4.3. Errores frecuentes

La mayoría de los problemas asociados al aislamiento térmico no se deben a la elección del material, sino a **decisiones de ejecución mal coordinadas o a la falta de atención en los encuentros**. Son errores habituales, repetidos en obra, que suelen pasar desapercibidos durante la ejecución pero que tienen un impacto directo en el consumo energético, el confort y la durabilidad del edificio.

Entre los errores más frecuentes destacan:

- **Aislar únicamente "donde es fácil", sin continuidad real**, provoca pérdidas térmicas localizadas y superficies interiores frías, reduciendo el confort.
- **Interrumpir el aislamiento en zócalos o coronaciones**, genera puentes térmicos lineales y aumenta el riesgo de condensaciones y patologías.
- **Emplear anclajes continuos sin rotura térmica**, penaliza el comportamiento del cerramiento y reduce la eficacia del aislamiento colocado.
- **Utilizar premarcos metálicos no aislados**, introduce puntos fríos en el perímetro de los huecos, con riesgo de condensaciones superficiales.
- **No analizar el riesgo de condensaciones en puntos singulares** puede dar lugar a humedades ocultas y deterioro prematuro de materiales.
- **Sustituir los materiales definidos en el proyecto** por otros de igual espesor, pero peor conductividad térmica (λ), normalmente por criterios de coste, reduciendo de forma significativa las prestaciones térmicas previstas.
- **Modificar o perforar posteriormente el aislamiento** ya ejecutado por parte de otros oficios (instalaciones, carpinterías, sellados), sin reposición ni control, interrumpiendo su continuidad y generando errores difíciles de detectar y corregir.

Estos errores, aunque aparentemente menores, suelen traducirse en **mayor consumo energético, menor confort interior y aparición de patologías a medio plazo**, comprometiendo el rendimiento real del edificio.

5.4.4. Checklist de obra

El siguiente checklist tiene como objetivo servir de **herramienta práctica de verificación en obra**, ayudando a comprobar que el aislamiento térmico se ejecuta conforme al proyecto y a los criterios de continuidad y calidad exigidos. No sustituye al control técnico ni a la dirección facultativa, pero facilita una **revisión sistemática de los puntos clave** antes de que queden ocultos.

Se recomienda utilizarlo durante la ejecución y en las inspecciones previas al cierre de cada elemento constructivo, marcando los ítems verificados y dejando constancia de las correcciones necesarias cuando proceda.

| CHECKLIST DE OBRA PARA AISLAMIENTO TÉRMICO | | OK |
|--|--|----|
| Verificación | | |
| 1 | Continuidad tridimensional del aislamiento en toda la envolvente | |
| 2 | Material con DoP/ETA y λ de proyecto verificado | |
| 3 | Espesores definidos por cálculo | |
| 4 | Zócalos y coronaciones correctamente resueltos | |
| 5 | Frentes de forjado tratados | |
| 6 | Huecos con premarcos y vierteaguas con rotura térmica | |
| 7 | Registro fotográfico de ejecución | |



Recomendaciones del Consorcio Passivhaus

Principio 1: Aislamiento térmico

- Priorizar sistemas de **aislamiento exterior continuo**, como SATE o fachada ventilada.
- **Minimizar los puentes térmicos estructurales** desde la concepción del proyecto.
- **Integrar las carpinterías en el plano del aislamiento** para garantizar la continuidad térmica.
- Seleccionar materiales con **Declaración Ambiental de Producto (DAP)**.
- Definir el **espesor y λ de aislamiento desde la fase de anteproyecto**, no como ajuste posterior.
- Verificar la **continuidad del aislamiento** mediante planos detallados y checklist de obra.

6. Principio 2 — Puentes térmicos

6.1. ¿Qué es un puente térmico y por qué es crítico eliminarlo?

Un **puente térmico** es una zona puntual o lineal del edificio donde se **interrumpe la continuidad del aislamiento térmico** y, como consecuencia, el **flujo de calor se acelera**. En estos puntos, el edificio pierde energía de forma desproporcionada respecto al resto de la envolvente, comprometiendo tanto la **eficiencia energética** como el **confort interior**.

Desde el punto de vista físico, un puente térmico se caracteriza por una **disminución brusca de la resistencia térmica** del cerramiento. Es, en la práctica, un "atajo" que facilita la salida del calor hacia el exterior en comparación con las zonas correctamente aisladas. Esta concentración del flujo térmico incrementa las **pérdidas energéticas** y provoca un descenso local de las **temperaturas superficiales interiores**.

Cuando estas temperaturas superficiales interiores descienden por debajo de valores próximos a **17°C**, aparece una **sensación de frío radiante** que reduce el confort, incluso aunque la temperatura del aire interior sea adecuada. Si la temperatura superficial cae por debajo del **punto de rocío** del aire interior, se produce **condensación superficial** y, con el tiempo, pueden desarrollarse **moho y patologías asociadas a la humedad**, que afectan tanto a los materiales como a la **salubridad** de los espacios habitables.

Por este motivo, **los puentes térmicos tienen consecuencias directas y fácilmente identificables**:

- Aumento de las **pérdidas energéticas**
- Aparición de **superficies interiores frías**
- Riesgo de **condensaciones** superficiales e intersticiales
- Desarrollo de **moho**
- Riesgo para la salubridad de los usuarios
- Descenso notable del **confort térmico**

Aunque a menudo se consideran detalles constructivos secundarios, su impacto es muy relevante. Un único puente térmico mal resuelto puede incrementar entre un **10 y un 15 % la demanda de calefacción** de un edificio, incluso cuando el resto de la envolvente cumple formalmente con los requisitos normativos.



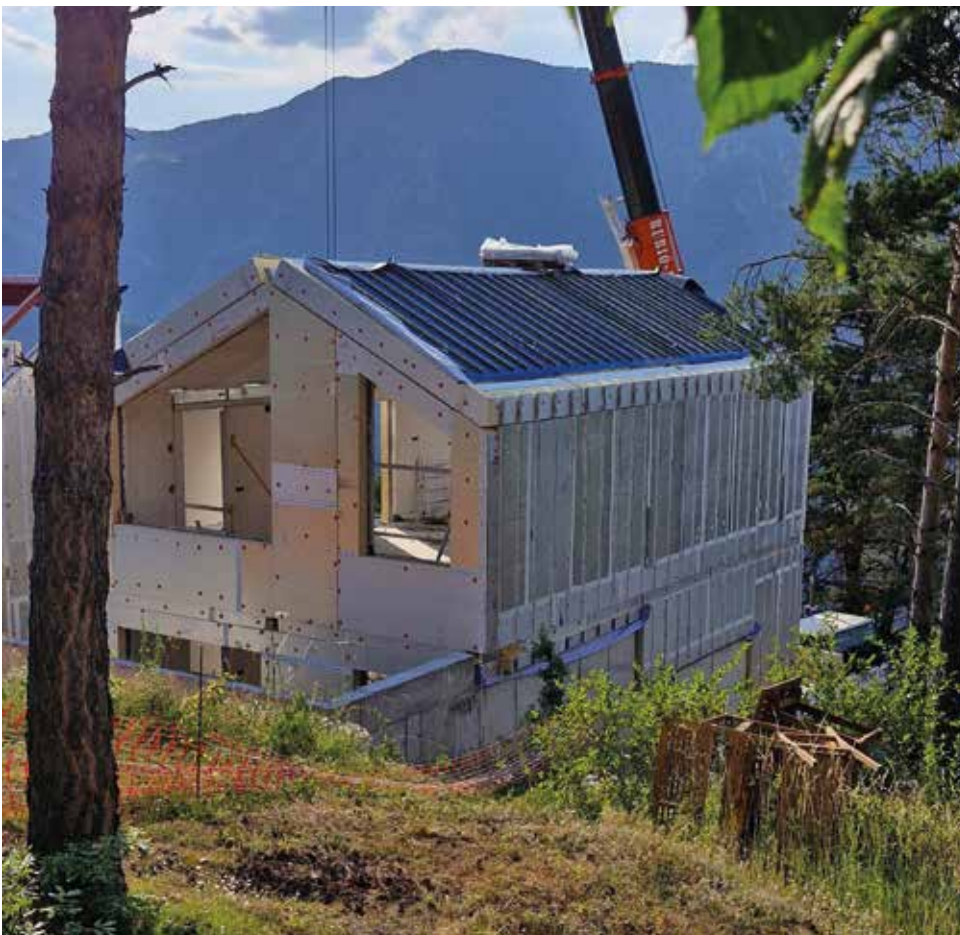
Los puentes térmicos aparecen con mayor frecuencia en determinados puntos de la envolvente, como los **encuentros entre forjados y fachada, cajas de persiana, carpinterías mal situadas, elementos estructurales** de hormigón o acero en contacto con el exterior, **balcones y voladizos**, así como en los **arranques de cubierta o de solera**, y en la integración inadecuada de elementos de evacuación de aguas, como canales pluviales empotradas en cubiertas o terrazas.

Tipos de puentes térmicos:

Para poder identificarlos y abordarlos correctamente, es útil clasificar los puentes térmicos en tres grandes grupos:

- **Puentes térmicos geométricos**, derivados de la propia forma del edificio, como esquinas y encuentros entre planos.
- **Puentes térmicos constructivos**, asociados a la presencia de materiales con distinta conductividad térmica, como pilares, vigas o frentes de forjado.
- **Puentes térmicos por discontinuidad del aislamiento**, los más frecuentes en obra y, al mismo tiempo, los más fáciles de evitar mediante un diseño adecuado.

Esta clasificación ayuda a localizar los puntos críticos y a definir estrategias específicas para cada caso.



6.2. Puentes térmicos y marco normativo: CTE y construcción Pasiva

El tratamiento de los puentes térmicos es uno de los aspectos donde más claramente se aprecia la diferencia entre el enfoque normativo mínimo y una estrategia de alta eficiencia. Tanto el CTE como el estándar Passivhaus contemplan los puentes térmicos, pero lo hacen desde planteamientos muy distintos, con consecuencias directas en el diseño y la ejecución.

¿Cómo evalúa el CTE los puentes térmicos?:

El CTE exige limitar la transmitancia térmica global del edificio y evitar el riesgo de condensaciones y humedades. En este marco, los puentes térmicos deben declararse y contabilizarse, generalmente mediante valores lineales ψ .

Sin embargo, el enfoque del CTE presenta varias particularidades:

- Permite valores de ψ relativamente elevados
- No exige eliminar los puentes térmicos, sino únicamente documentarlos
- Acepta soluciones que no siempre garantizan temperaturas superficiales interiores adecuadas

De forma orientativa, los valores habituales admitidos por el CTE se sitúan en rangos como:

- $\psi \approx 0,05-0,20 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ en encuentros de forjado,
- $\psi \approx 0,05-0,30 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ en pilares embebidos,
- $\psi \approx 0,02-0,05 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ en ventanas sin premarco aislado.

Este enfoque permite el cumplimiento normativo, pero no asegura por sí mismo un elevado confort ni la ausencia de patologías.

¿Cómo evalúa la construcción Pasiva los puentes térmicos?:

El estándar Passivhaus adopta un planteamiento mucho más exigente. Para la **construcción Pasiva**, los puentes térmicos deben eliminarse siempre que sea posible y, cuando no puedan eliminarse, deben modelarse y justificarse con valores extremadamente bajos, generalmente:

- $\psi \leq 0,01 \text{ W/m}\cdot\text{K}$.

Además, se exige que las temperaturas superficiales interiores se mantengan por encima de $17 \text{ }^\circ\text{C}$, como condición de confort y de prevención de condensaciones. El análisis se realiza mediante modelado térmico bidimensional o tridimensional (THERM, Flixo u otras herramientas equivalentes), y la continuidad del aislamiento es un requisito básico del diseño.

Desde el punto de vista energético, un puente térmico significativo incrementa directamente la demanda calculada en el PHPP, pudiendo impedir que el edificio cumpla el límite de $15 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{año}$.

Comparativa CTE – Passivhaus en relación con los puentes térmicos

La siguiente tabla resume estas diferencias desde el punto de vista de proyecto y obra:

| COMPARATIVA CTE – PASSIVHAUS EN RELACIÓN CON LOS PUENTES TÉRMICOS | | | |
|---|------------------------------------|--|----------------------------------|
| Aspecto | CTE | Passivhaus | Implicación en proyecto y obra |
| Enfoque | Admite ψ con límites globales | $\psi \rightarrow 0$ en encuentros repetitivos | Definir tipologías de detalle |
| Herramientas | Atlas DA DB-HE/3, HULC | Modelado 2D/3D + PHPP | Biblioteca de detalles críticos |
| Riesgo patológico | Condensaciones posibles | Control explícito de superficies frías | Refuerzo en zonas sensibles |
| Control de obra | Inspecciones visuales | Termografía de apoyo | Checklist y registro fotográfico |

Las diferencias entre ambos enfoques no se limitan al nivel de exigencia, sino que condicionan el modo de concebir la envolvente: mientras el CTE admite soluciones parciales, Passivhaus obliga a una continuidad térmica rigurosa y verificable.



Ideas clave – Principio 2: Ausencia de puentes térmicos

Los puentes térmicos son una causa silenciosa de pérdidas energéticas, falta de confort y patologías. Aunque el CTE permite su presencia si se contabilizan, una estrategia orientada a edificios de consumo casi nulo exige minimizarlos desde el proyecto y verificarlos en obra. La continuidad real del aislamiento y la correcta resolución de los encuentros son determinantes para el rendimiento final del edificio. La estrategia de la construcción Pasiva no admite compensaciones mediante sobreaislamiento de zonas concretas para corregir deficiencias en otros puntos: cada encuentro debe resolverse correctamente de forma individual.

6.3 Decisiones de proyecto que condicionan la ejecución

La correcta resolución de los puentes térmicos no se decide en obra, sino que viene determinada en gran medida por las decisiones adoptadas en fase de proyecto. Cuando estas decisiones no se definen con suficiente claridad o se dejan abiertas, suelen aparecer soluciones improvisadas durante la ejecución que comprometen la continuidad del aislamiento y reducen de forma significativa las prestaciones térmicas del edificio.

Desde el proyecto deben anticiparse los encuentros críticos de la envolvente y definirse soluciones constructivas coherentes con el nivel de eficiencia perseguido. En particular, es fundamental dejar resueltos los siguientes aspectos:

- **Definición de una envolvente térmica continua**, identificando con claridad el trazado del aislamiento a lo largo de toda la envolvente, sin interrupciones en encuentros estructurales, cambios de plano o remates.
- **Posición de las carpinterías respecto al plano del aislamiento**, evitando colocaciones retrasadas o adelantadas que generen puentes térmicos en jambas, dinteles o umbrales.
- **Tratamiento de frentes de forjado, balcones y voladizos**, ya sea mediante envolvente exterior continua (SATE o fachada ventilada) o mediante el uso de elementos estructurales con rotura térmica certificados.
- **Elección de soluciones estructurales compatibles con la continuidad térmica**, prestando especial atención a pilares embebidos, ménsulas, anclajes y elementos metálicos en contacto con el exterior.
- **Resolución de elementos singulares**, como cajas de persiana, zócalos y coronaciones, que con frecuencia concentran discontinuidades del aislamiento si no se diseñan de forma específica.
- **Diseño e integración de los canales pluviales y sistemas de evacuación de aguas**, evitando su empotramiento en cubiertas inclinadas o terrazas dentro del plano térmico, ya que esta solución dificulta la ejecución y suele generar puentes térmicos significativos.



El modelado previo de los nudos críticos y la incorporación de detalles constructivos claros y verificables en el proyecto son condiciones necesarias para trasladar correctamente la estrategia térmica a la obra. Sin esta definición previa, incluso sistemas de aislamiento de altas prestaciones pueden perder gran parte de su eficacia durante la ejecución.

6.4 Aplicación práctica en obra

6.4.1. Ejecución en obra: puntos críticos

La ejecución es el momento en el que los puentes térmicos aparecen con mayor frecuencia. Incluso con un proyecto bien definido, pequeñas interrupciones del aislamiento o soluciones improvisadas durante la obra pueden anular el esfuerzo realizado en fases anteriores y generar pérdidas de energía, superficies frías y patologías de humedad.

Los puntos críticos más habituales y las cuestiones que deben vigilarse en obra son los siguientes:

- **Frentes de forjado y pilares en fachada:**

Si no quedan completamente envueltos por el aislamiento exterior, se convierten en uno de los puentes térmicos más severos del edificio. La solución pasa por asegurar la continuidad del aislamiento en todo el canto del forjado y cubrir los elementos estructurales que atraviesan la envolvente.

- **Balcones y elementos en voladizo:**

La ejecución sin elementos de rotura térmica genera pérdidas muy elevadas y superficies interiores frías. Es imprescindible emplear soluciones estructurales con rotura térmica o, en su defecto, replantear el diseño para evitar la continuidad del hormigón hacia el exterior.

- **Huecos:**

Una colocación incorrecta de la carpintería, fuera del plano del aislamiento, genera puentes térmicos en jambas, dinteles y umbrales. En obra debe verificarse la correcta integración de la ventana mediante premarcos aislados y la continuidad del aislamiento perimetral.

- **Cajas de persiana:**

Las soluciones tradicionales suelen concentrar pérdidas térmicas y condensaciones. Deben emplearse sistemas compactos y aislados, integrados en el plano de la envolvente y sin discontinuidades del aislamiento.

- **Arranques de solera y coronaciones:**

La interrupción del aislamiento en estos puntos provoca pérdidas lineales significativas y riesgo de condensaciones. Es fundamental garantizar la continuidad del aislamiento entre fachada, suelo y cubierta, cuidando especialmente los remates finales.

- **Canales pluviales y desagües integrados en cubiertas o terrazas:**

La ejecución de canales empotrados dentro del espesor de la envolvente térmica suele provocar interrupciones del aislamiento difíciles de resolver en obra. Siempre que sea posible, estos elementos deben situarse fuera del plano térmico o resolverse con soluciones específicamente diseñadas para mantener la continuidad del aislamiento.

- **Encuentros entre paneles de aislamiento:**

Se deben evitar los huecos entre paneles de aislamiento. En caso de que existan, se deben rellenar con tiras de aislamiento, o espuma de relleno. Nunca utilizar mortero para tapar estos huecos.

Una correcta coordinación entre los distintos oficios y una supervisión continua durante la ejecución son esenciales para asegurar que las soluciones previstas en proyecto se materializan correctamente y que no se introducen discontinuidades del aislamiento que comprometan el comportamiento térmico del edificio.

6.4.2. Control de calidad y verificación

El control de los puentes térmicos debe abordarse como un proceso continuo y sistemático, ya que muchos de ellos quedan ocultos una vez finalizada la obra y su corrección posterior resulta compleja o inviable. Por este motivo, la verificación debe estructurarse en distintas fases, desde el proyecto hasta la finalización del edificio, combinando herramientas de cálculo, control visual y comprobación in situ.

- **Proyecto:**

En fase de proyecto es imprescindible identificar los nudos críticos de la envolvente y definir soluciones constructivas coherentes con el nivel de eficiencia perseguido. Esto incluye el cálculo de las transmitancias lineales y puntuales (Ψ/x) en las tipologías clave, mediante software de modelado térmico en dos o tres dimensiones (como THERM o Flixo) o mediante el uso de atlas reconocidos, como los Documentos de Apoyo del DB-HE.

En el enfoque Passivhaus, además, se verifica el comportamiento térmico de los encuentros mediante el control del **factor de temperatura superficial (fRsi)**, que debe alcanzar valores adecuados (habitualmente $fRsi \geq 0,7$ en zonas frías) para evitar condensaciones y garantizar el confort.

- **Obra**

Durante la ejecución, el control debe centrarse en la inspección de la continuidad del aislamiento y en la correcta materialización de los detalles previstos en proyecto. Es fundamental revisar los puntos singulares antes de que queden ocultos, comprobar que no se introducen interrupciones del aislamiento y documentar la ejecución mediante un registro fotográfico sistemático.

Cuando sea posible, el uso de termografía infrarroja durante la obra, especialmente en periodo invernal, permite detectar de forma temprana puentes térmicos mal resueltos.

- **Post obra:**

Una vez finalizada la obra, la termografía infrarroja constituye una herramienta muy eficaz para identificar puentes térmicos no previstos o defectos de ejecución que no son visibles a simple vista. Esta comprobación cualitativa del comportamiento real de la envolvente resulta especialmente útil como cierre del proceso de control de calidad.

Este enfoque escalonado, basado en el modelado previo, la verificación en obra y la comprobación final, reduce el riesgo de errores no detectados y contribuye a evitar pérdidas energéticas, condensaciones y patologías asociadas a los puentes térmicos.

6.4.3. Errores frecuentes

Muchos de los problemas asociados a los puentes térmicos no se deben a una falta de sistemas o soluciones técnicas, sino a errores repetidos durante el diseño y, sobre todo, durante la ejecución en obra. Estos fallos suelen pasar desapercibidos en el momento de construir, pero tienen un impacto directo en el consumo energético, el confort interior y la aparición de patologías a medio plazo.



Entre los errores más habituales destacan los siguientes:

- **Colocar el aislamiento entre pilares sin cubrirlos**, dejando los elementos estructurales como atajos térmicos directos hacia el exterior, con fuertes pérdidas de energía y superficies interiores frías.
- **Ejecutar sistemas SATE sin resolver pilares, frentes de forjado o cajas de persiana**, interrumpiendo la continuidad del aislamiento y concentrando pérdidas térmicas en puntos muy repetitivos de la envolvente.
- **Situar las carpinterías fuera del plano del aislamiento**, lo que genera puentes térmicos en jambas, dinteles y umbrales, además de aumentar el riesgo de condensaciones alrededor de los huecos.
- **No utilizar conectores de rotura térmica en balcones y voladizos**, permitiendo la continuidad del hormigón hacia el exterior y provocando pérdidas muy elevadas difíciles de corregir posteriormente.
- **Dejar elementos de hormigón o acero expuestos al exterior**, sin aislamiento envolvente, lo que reduce drásticamente la resistencia térmica del cerramiento y favorece la aparición de condensaciones.
- **Interrumpir el aislamiento en los arranques de solera**, generando pérdidas lineales importantes y superficies frías en la base de los cerramientos, especialmente críticas en climas fríos y húmedos.
- **Empotrar canales pluviales en cubiertas inclinadas o terrazas sin una solución térmica continua**, creando puentes térmicos lineales difíciles de corregir y con alto riesgo de condensaciones.

Estos errores no son menores. Un único pilar o frente de forjado mal resuelto puede perder más calor que varios metros cuadrados de fachada correctamente aislada, con consecuencias directas en el consumo energético, el confort térmico y la durabilidad del edificio.

6.4.4. Checklist de obra

El siguiente checklist está concebido como una **herramienta práctica de apoyo al control en obra**, que permite verificar de forma sistemática que los principales puntos críticos relacionados con los puentes térmicos se han resuelto conforme al proyecto y a los criterios de continuidad térmica. Su uso resulta especialmente recomendable durante las inspecciones previas al cierre de los elementos constructivos, cuando todavía es posible corregir errores sin un alto coste.

Este checklist no sustituye al control técnico ni a la dirección facultativa, pero ayuda a **ordenar la revisión**, a detectar discontinuidades del aislamiento y a dejar constancia de las comprobaciones realizadas.

| CHECKLIST DE OBRA PARA PUENTES TÉRMICOS | | |
|---|--|----------------------|
| Ítem a verificar | | Comprobación en obra |
| 1 | Frentes de forjado completamente envueltos por el aislamiento | |
| 2 | Balcones y voladizos resueltos con elementos de rotura térmica | |
| 3 | Carpinterías integradas en el plano del aislamiento | |
| 4 | Premarcos aislados y continuidad térmica en jambas y umbrales | |
| 5 | Cajas de persiana térmicamente integradas en la envolvente | |
| 6 | Continuidad del aislamiento en zócalos y coronaciones | |



Recomendaciones del Consorcio Passivhaus Principio 2: Ausencia de puentes térmicos

- Apostar por **aislamiento exterior continuo**, como SATE o fachada ventilada.
- **Evitar pilares embebidos** en la envolvente o, en su defecto, **cubrirlos completamente** con aislamiento.
- Utilizar **conectores térmicos** en balcones y elementos en voladizo.
- **Integrar las carpinterías en el plano del aislamiento.**
- **Modelar los nudos críticos** desde la fase de proyecto.
- Evitar **cajas de persiana tradicionales** y utilizar sistemas compactos aislados.
- **Revisar el nodo forjado-fachada en obra** para evitar interrupciones del aislamiento.
- **Comprobar el resultado con cámara térmica** una vez terminado el edificio.
- **Evitar el empotramiento de canales pluviales dentro del plano del aislamiento** y priorizar soluciones exteriores o específicamente diseñadas para mantener la continuidad térmica.

7. Principio 3 — Hermeticidad

7.1. ¿Qué es la hermeticidad y por qué es determinante?

La **hermeticidad al aire** es la capacidad de un edificio para evitar infiltraciones y exfiltraciones de aire no controladas a través de juntas, fisuras, perforaciones y encuentros mal sellados de la envolvente. Estas infiltraciones constituyen, en la práctica, auténticas fugas energéticas: entra aire exterior no tratado y sale aire ya climatizado, con la consiguiente pérdida de energía y de confort.

La hermeticidad es un principio determinante de la edificación de alta eficiencia porque influye de forma directa en múltiples aspectos del comportamiento global del edificio. Un nivel adecuado de hermeticidad permite:

- Reducir la demanda energética asociada a pérdidas incontroladas de aire
- Evitar corrientes de aire y situaciones de disconfort térmico
- Mejorar la calidad del aire interior al garantizar una renovación controlada
- Asegurar el funcionamiento correcto de la ventilación mecánica controlada
- Prevenir condensaciones y humedades en el interior de los cerramientos

Un edificio puede disponer de grandes espesores de aislamiento térmico y, sin embargo, presentar un comportamiento energético deficiente si no es hermético. En ausencia de control del aire, una parte significativa del esfuerzo realizado en aislamiento y en sistemas se pierde de forma incontrolada, tanto en invierno como en verano.

Desde el punto de vista físico, la infiltración de aire es un fenómeno impulsado principalmente por la diferencia de presión entre el interior y el exterior del edificio (debida al viento o al gradiente térmico), por la diferencia de densidad del aire (efecto chimenea) y por la existencia de discontinuidades constructivas y fallos de sellado en la envolvente.

Cuando el aire circula a través de huecos no deseados, se producen varias consecuencias encadenadas: se pierde calor en invierno, entra aire caliente en verano, la ventilación mecánica pierde eficacia y se incrementa el riesgo de condensaciones en los puntos fríos del interior de la envolvente. Estas condensaciones pueden derivar, con el tiempo, en patologías de humedad y en problemas de salubridad.

En este contexto, la hermeticidad no tiene como objetivo "cerrar" el edificio, sino **controlar el movimiento del aire**, garantizando que este entra y sale únicamente por los puntos previstos: el sistema de ventilación diseñado para ello. Solo así es posible asegurar un funcionamiento eficiente de la ventilación, un confort térmico estable y una buena calidad del aire interior.

7.2. Hermeticidad y marco normativo: CTE y construcción Pasiva

La hermeticidad es uno de los ámbitos donde la diferencia entre el enfoque normativo del CTE y el estándar Passivhaus resulta más evidente. Ambos reconocen que el aire influye en el comportamiento energético del edificio, pero lo hacen con criterios, niveles de exigencia y mecanismos de verificación muy distintos, lo que se traduce en resultados también muy diferentes en términos de eficiencia y confort.

¿Cómo evalúa el CTE la hermeticidad?:

En edificación residencial, el CTE no exige una hermeticidad global del edificio. Sus requisitos se centran fundamentalmente en el control de las filtraciones de aire a través de los huecos, mediante la clasificación de la permeabilidad al aire de las carpinterías conforme a la norma UNE-EN 12207.



En la práctica, el CTE establece valores mínimos de permeabilidad en función del tipo de edificio y de su exposición, pero:

- No fija un valor límite de hermeticidad global del edificio (n_{50}) en viviendas
- No exige la realización de ensayos de hermeticidad Blower Door en obra
- Admite infiltraciones no controladas dentro de la simulación energética realizada con HULC

De este modo, una carpintería clasificada como clase 2 o 3 según UNE-EN 12207 puede ser suficiente para cumplir la normativa, aun cuando el edificio en su conjunto presente infiltraciones elevadas. Este enfoque permite el cumplimiento reglamentario, pero no garantiza un comportamiento energético eficiente ni un nivel elevado y estable de confort interior.



¿Cómo evalúa Passivhaus la hermeticidad?:

El estándar Passivhaus adopta un enfoque radicalmente distinto. La hermeticidad al aire es un requisito obligatorio, cuantificado y verificado mediante ensayo.

El criterio de **construcción Pasiva** establece que el edificio debe cumplir:

- $n_{50} \leq 0,6$ renovaciones por hora, medidas mediante ensayo Blower Door a 50 Pa.

Este valor corresponde al estándar Passivhaus "clásico". Otros sellos del ámbito Passivhaus, como Passivhaus Low Energy Building, admiten valores menos exigentes ($n_{50} \leq 1,0 \text{ h}^{-1}$), aunque con implicaciones directas en el consumo energético y el nivel de confort.

Este valor representa el número máximo de veces que el volumen de aire interior puede renovarse de forma no controlada en una hora bajo condiciones normalizadas de presurización o despresurización.

Para alcanzar este nivel de hermeticidad, Passivhaus exige de forma explícita:

- Una capa hermética continua definida en toda la envolvente
- El sellado cuidadoso de juntas y pasos de instalaciones
- El uso de cintas, masillas y accesorios específicos y certificados
- Una instalación estanca de las carpinterías
- La realización de al menos un ensayo Blower Door en obra, siendo habitual realizar uno intermedio y uno final

La razón de esta exigencia es técnica y funcional: un edificio que no es hermético incrementa su demanda energética, pierde el control del aire interior, reduce la eficiencia del recuperador de calor y puede desarrollar patologías por humedad en el interior de los cerramientos.



Para facilitar la lectura y entender el impacto práctico de estas diferencias, la siguiente tabla resume los aspectos más relevantes desde el punto de vista de proyecto y de obra.

Comparativa CTE – Passivhaus en relación con la hermeticidad:

La siguiente tabla resume estas diferencias desde el punto de vista de proyecto y obra:

| COMPARATIVA CTE – PASSIVHAUS EN RELACIÓN CON LA HERMETICIDAD | | | |
|---|---|--|---|
| Aspecto | CTE | Passivhaus | Implicación en obra |
| Enfoque general | No exige hermeticidad global del edificio | Exige hermeticidad global como requisito del estándar | La hermeticidad debe definirse como sistema, no como suma de elementos |
| Magnitud de control | Control parcial: permeabilidad al aire de carpinterías (UNE-EN 12207) | Control total: ensayo de todo el volumen del edificio | Se debe definir una capa hermética continua en proyecto |
| Valor límite | No define un valor n50 en viviendas | $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$ (criterio Passivhaus clásico, otros criterios como Passivhaus Low Energy Building, admiten valores menos exigentes ($n_{50} \leq 1,0 \text{ h}^{-1}$)) | Nivel de ejecución y coordinación muy superior |
| Ventilación | Se admite ventilación parcialmente incontrolada por infiltraciones | La ventilación debe ser 100 % controlada | La VMC solo funciona correctamente con alta hermeticidad |
| Verificación | No exige ensayo Blower Door en viviendas | Ensayo Blower Door obligatorio (mínimo uno, recomendable intermedio y final) | Permite detectar y corregir fugas antes del cierre de obra |
| Elementos evaluados | Carpinterías y juntas puntuales | Toda la envolvente: encuentros, pasos de instalaciones, sellados | Detallar encuentros y pasos en planos de ejecución |
| Relación con la eficiencia energética | Permite cumplimiento con infiltraciones elevadas | La eficiencia depende directamente de la hermeticidad | Sin hermeticidad, se pierde el rendimiento del aislamiento y los sistemas |
| Comfort e IAQ | No garantizados por la normativa | Directamente ligados a la hermeticidad | Menos corrientes, ruido, polvo y condensaciones |
| Recuperación de calor | No condicionada por la hermeticidad | La eficiencia del recuperador depende de ella | Fugas reducen drásticamente el rendimiento del sistema |

Nota aclaratoria – Hermético ≠ sin ventilación

El objetivo no es impedir la entrada de aire, sino **controlar por dónde y cómo entra**, garantizando ventilación higiénica, eficiente y silenciosa mediante la VMC.



Ideas clave — Principio 3: Hermeticidad

La hermeticidad es una condición imprescindible para que el edificio funcione tal y como ha sido diseñado. No se trata de “cerrar” la vivienda, sino de controlar por dónde entra y sale el aire, garantizando confort, calidad del aire interior y estabilidad energética. Una capa hermética continua, definida en proyecto y ejecutada con rigor en obra, es tan importante como el aislamiento térmico.

El cumplimiento del valor objetivo de n50 debe entenderse como un resultado global del edificio, condicionado tanto por la calidad de ejecución como por las decisiones tipológicas adoptadas, especialmente en relación con el número y tipo de carpinterías. El ensayo Blower Door permite verificar este principio y detectar desviaciones antes de que se conviertan en pérdidas energéticas, problemas de confort o patologías a medio plazo.

7.3. Decisiones de proyecto que condicionan la ejecución

La hermeticidad no se consigue en obra por acumulación de sellados improvisados, sino que **se diseña desde el proyecto**. Cuando la capa hermética no está claramente definida, aparecen soluciones parciales, discontinuidades y conflictos entre oficios que comprometen el resultado final.

Desde la fase de proyecto deben quedar resueltos, como mínimo, los siguientes aspectos:

Definición de la capa hermética, claramente identificada en planos de plantas, secciones y alzados, indicando materiales y continuidad.

Elección del sistema constructivo, determinando si la hermeticidad se confía a membranas, tableros (OSB), enlucidos continuos u otros sistemas equivalentes.

Resolución de los pasos de instalaciones, previendo mangas, sellos o cajas estancas en cada cruce de la envolvente.

Tratamiento de las uniones críticas, especialmente encuentros forjado-fachada, medianerías, cubiertas y huecos.

Compatibilidad y durabilidad de materiales, asegurando que cintas, membranas y selladores sean compatibles entre sí y mantengan sus prestaciones a lo largo del tiempo.

Elección tipológica de las carpinterías, valorando el impacto de soluciones correderas, especialmente balconeras correderas-elevadoras, en el nivel global de hermeticidad del edificio.

La definición gráfica y coherente de la capa hermética es una condición imprescindible para que la ejecución sea viable y controlable.

7.4. Aplicación práctica en obra

7.4.1. Ejecución en obra: puntos críticos

La fase de ejecución es el momento en el que la hermeticidad se pone realmente a prueba. Incluso con un buen proyecto, pequeñas perforaciones no selladas o una mala coordinación entre oficios pueden generar múltiples fugas de aire.

Los puntos críticos más habituales en obra son los siguientes:

- **Continuidad de la membrana o capa hermética**, que debe mantenerse sin interrupciones entre elementos constructivos. Cualquier corte o solape incorrecto se convierte en una fuga directa.
- **Pasos de instalaciones**, donde perforaciones sin mangas o sellado adecuado permiten infiltraciones significativas.
- **Juntas entre paneles o placas**, que deben tratarse de forma específica y no confiarse únicamente al revestimiento final.
- **Carpinterías**, cuya colocación incorrecta o sin cintas interiores de hermeticidad genera fugas perimetrales difíciles de corregir.

En el caso de balconeras correderas-elevadoras, debe tenerse en cuenta que, aunque ofrecen mejores prestaciones que las correderas tradicionales, su hermeticidad es inferior a la de las carpinterías practicables, por lo que su número y distribución influyen de forma directa en el resultado global del ensayo Blower Door.

- **Cajas de persiana y registros**, que en soluciones tradicionales suelen ser uno de los puntos más débiles de la envolvente.
- **Encuentros de cubierta y fachada**, donde la falta de solape suficiente provoca discontinuidades frecuentes.

Una coordinación clara entre oficios y una supervisión específica de la capa hermética son esenciales para evitar daños involuntarios y pérdidas de continuidad.



7.4.2. Control de calidad y verificación

El control de la hermeticidad debe entenderse como un proceso continuo, estructurado en varias fases, que permita detectar y corregir fugas antes de que queden ocultas.

- **Proyecto:**

En fase de proyecto es imprescindible definir la capa hermética, detallar los encuentros críticos y especificar los materiales y sistemas de sellado. Esta información debe formar parte de la documentación gráfica y escrita del proyecto.

- **Obra:**

Durante la ejecución, el control debe centrarse en la verificación visual de la continuidad de la capa hermética, el sellado de pasos de instalaciones y la correcta colocación de cintas y membranas. Es altamente recomendable realizar un **ensayo Blower Door intermedio**, antes de cerrar trasdosados, que permita localizar y corregir fugas con un coste reducido. El registro fotográfico sistemático facilita el control y la trazabilidad.

- **Post obra:**

Una vez finalizada la obra, el **ensayo Blower Door final** verifica el cumplimiento del objetivo de hermeticidad. El análisis de fugas localizadas permite confirmar que la envolvente funciona conforme a lo previsto en proyecto.

Este enfoque escalonado reduce riesgos y asegura que la hermeticidad proyectada se alcanza realmente en el edificio construido.



7.4.3. Errores frecuentes

Los problemas de hermeticidad rara vez se deben a la falta de productos o soluciones técnicas, y suelen estar relacionados con **fallos de coordinación, secuencia de obra y control de ejecución**. La capa hermética es especialmente vulnerable porque atraviesa múltiples oficios y se ejecuta en fases distintas del proceso constructivo.

Entre los errores más habituales se encuentran:

- Colocar la **membrana de hermeticidad sin continuidad**, generando fugas en encuentros, solapes mal resueltos o cambios de plano no definidos.
- Realizar **perforaciones no selladas** por parte de distintos gremios (instalaciones, estructura, mobiliario), que convierten la envolvente en un punto de infiltración permanente.
- Resolver **juntas entre paneles o elementos prefabricados sin tratamiento específico**, confiando erróneamente en capas posteriores que no son estancas al aire.
- Instalar **carpinterías sin cintas interiores de hermeticidad**, con sellados incompletos o discontinuos entre marco y soporte.
- Emplear **cajas de persiana tradicionales no estancas**, que generan pérdidas directas al exterior y anulan el esfuerzo realizado en el resto de la envolvente.
- Ejecutar **pasos de conductos y cruces de instalaciones sin mangas o bridas herméticas**, especialmente en sistemas de ventilación.
- Dejar **registros y patinillos sin cierre estanco**, creando fugas continuas difíciles de localizar una vez finalizada la obra.
- **Limitar el control a un único ensayo Blower Door final**, cuando ya no es posible corregir los errores sin demoliciones.
- Dañar la capa hermética en fases posteriores de la obra **sin control ni reparación**, por desconocimiento de su función.
- **Incorporar un número elevado de balconeras correderas-elevadoras** en una misma vivienda sin evaluar su efecto acumulativo sobre la hermeticidad global, generando múltiples pequeñas fugas que pueden comprometer el cumplimiento del valor n50 objetivo.

En la práctica, muchos de estos problemas tienen un origen común: **la ausencia de un responsable claro de la hermeticidad en obra**, encargado de coordinar oficios, revisar soluciones y verificar que cualquier intervención sobre la envolvente se ejecuta y se sella correctamente.

7.4.4. Checklist de obra

El siguiente checklist sirve como herramienta práctica de apoyo para verificar en obra los puntos clave relacionados con la hermeticidad. Su uso es especialmente recomendable antes del cierre de trasdosados y acabados interiores.

| CHECKLIST DE OBRA PARA HERMETICIDAD | | Comprobación |
|-------------------------------------|--|--------------|
| Ítem a verificar | | |
| 1 | Capa hermética continua definida y ejecutada | |
| 2 | Mangas o sellos en todos los pasos de instalaciones | |
| 3 | Cintas interiores y exteriores en perímetros de ventanas | |
| 4 | Ensayo Blower Door intermedio realizado | |
| 5 | Ensayo Blower Door final realizado | |
| 6 | Registro de fugas localizadas y selladas | |



Recomendaciones del Consorcio Passivhaus

Principio 3: Hermeticidad

- Definir desde la fase de proyecto la **capa hermética en los planos de detalle**.
- Utilizar **membranas específicas** de hermeticidad, evitando plásticos convencionales.
- Emplear **cintas herméticas, masillas y accesorios certificados**.
- Realizar un **ensayo Blower Door intermedio** en obra antes de cerrar trasdosados.
- Asegurar el **sellado de todos los pasos de instalaciones**.
- **Integrar las carpinterías** con cintas interiores (hermeticidad) y exteriores (estanqueidad).
- **Limitar el número de balconeras correderas-elevadoras** y evaluar su impacto conjunto en la hermeticidad global del edificio.
- **Formar a todos los operarios** antes de que intervengan sobre la envolvente.
- Designar un **responsable de hermeticidad** durante la ejecución de la obra.

8. Principio 4 — Ventanas de altas prestaciones

8.1. ¿Qué son las ventanas de altas prestaciones y por qué son determinantes?

Las ventanas de altas prestaciones son elementos de la envolvente diseñados para **minimizar las pérdidas energéticas en invierno, limitar las ganancias indeseadas en verano** y garantizar un elevado nivel de confort interior durante todo el año. En edificios de consumo casi nulo, dejan de ser un punto débil para convertirse en un componente activo del balance energético.

Una ventana no debe entenderse como un producto aislado, sino como un **sistema constructivo completo**, integrado por los siguientes elementos:

- Marco
- Acristalamiento
- Espaciador intermedio
- Sellados
- Premarco o sistema de anclaje
- Encuentro con el aislamiento
- Hermeticidad del conjunto
- Tipo de apertura y su influencia en la hermeticidad global del edificio
- Factor solar y la geometría del hueco

En edificación convencional, las ventanas pueden representar entre el **25 % y el 50 % de las pérdidas térmicas totales**. En edificios de alta eficiencia, su diseño condiciona no solo el consumo energético, sino también el confort radiante, el control del sobrecalentamiento y la calidad del espacio interior.



Parámetros de comportamiento:

El comportamiento térmico y energético de una ventana depende de la combinación equilibrada de varios parámetros, que deben analizarse de forma conjunta.

- **Transmitancia térmica del acristalamiento (U_g):**

Mide la facilidad con la que el calor atraviesa el vidrio. Valores habituales son:

- ▶ doble vidrio convencional: $2,8-1,6 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$,
- ▶ triple vidrio de altas prestaciones: $0,60-0,70 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.
Cuanto menor es el valor U_g , mayor es la capacidad aislante del vidrio.

- **Transmitancia térmica del marco (U_f):**

El marco influye de forma decisiva en el comportamiento global de la ventana. Los perfiles de PVC multicámara, madera laminada o madera-aluminio presentan mejores prestaciones que el aluminio sin rotura térmica. Un marco poco aislante genera superficies frías y riesgo de condensaciones.

- **Transmitancia global de la ventana (U_w):**

Es el valor que integra vidrio, marco, espaciador y proporciones de superficie. Representa el comportamiento real del hueco. Mientras que la normativa española admite valores elevados, el estándar Passivhaus fija $U_w \leq 0,80 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

- **Factor solar (g):**

Indica la fracción de radiación solar que atraviesa el vidrio. Su elección debe adaptarse a la orientación:

- ▶ sur: g medio para aprovechar ganancias en invierno,
- ▶ este y oeste: g bajo para limitar sobrecalentamiento estival,
- ▶ norte: g alto, ya que no existen ganancias solares significativas.

- **Hermeticidad y estanqueidad:**

Una ventana con buena transmitancia pierde gran parte de su eficacia si no es estanca al aire. Las infiltraciones no controladas afectan directamente al consumo, al confort y al funcionamiento de la ventilación mecánica.



8.2. Ventanas de altas prestaciones y marco normativo: CTE y construcción Pasiva

Las ventanas son uno de los elementos donde mejor se aprecia la diferencia entre un enfoque normativo mínimo y una estrategia de alta eficiencia energética. Su influencia no se limita a las pérdidas térmicas: afectan al confort radiante, al riesgo de condensaciones, al control solar y al balance energético global del edificio.

¿Cómo aborda el CTE las ventanas?:

El CTE DB-HE (Ahorro de Energía) establece límites de transmitancia térmica de los huecos en función de la zona climática y del tipo de cerramiento. De forma orientativa, los valores permitidos son:

- Fachadas en climas fríos: $U_w \leq 1,6-1,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- Fachadas en climas templados: $U_w \leq 2,0-2,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

El enfoque del CTE se caracteriza por:

- No exigir triple acristalamiento
- No exigir clase máxima de hermeticidad de la carpintería
- Regular el factor solar (g) de forma genérica
- No obligar a la instalación de la ventana en el plano del aislamiento
- No evaluar el puente térmico del premarco
- No exigir simulación térmica del encuentro ventana-cerramiento
- No controlar de forma específica la calidad de la instalación en obra

Este planteamiento permite cumplir la normativa con ventanas que presenten pérdidas térmicas importantes. Como consecuencia, **no se garantiza el confort radiante**, no se evalúa el riesgo de sobrecalentamiento con suficiente detalle y no se asegura la continuidad térmica entre marco y aislamiento. Cumplir el CTE, por tanto, **no implica necesariamente un buen rendimiento energético ni un elevado nivel de confort interior**.

¿Cómo aborda la construcción Pasiva las ventanas?:

El estándar Passivhaus integra las ventanas dentro del diseño global del edificio y establece requisitos estrictos tanto de prestaciones como de instalación y verificación.

- **Prestaciones térmicas mínimas:**

Passivhaus exige valores significativamente más exigentes:

- ▶ $U_w \leq 0,80 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- ▶ $U_g \leq 0,60\text{--}0,70 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- ▶ $U_f \leq 1,00\text{--}1,20 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
- ▶ hermeticidad clase 4 según UNE-EN 12207
- ▶ uso de triple acristalamiento con gas argón o kriptón
- ▶ espaciadores de borde cálido ("warm edge") de baja conductividad

- **Confort radiante**

Se exige que la temperatura superficial interior del vidrio sea $\geq 17 \text{ }^\circ\text{C}$ en condiciones invernales. Este criterio evita la sensación de "pared fría", reduce las corrientes convectivas descendentes y mejora de forma directa el confort térmico percibido.

- **Control solar específico**

El factor solar (g) no se fija de forma genérica, sino que se selecciona mediante simulación en PHPP para cada orientación, con el objetivo de:

- ▶ evitar el sobrecalentamiento estival,
- ▶ maximizar las ganancias solares útiles en invierno,
- ▶ integrar de forma coherente las protecciones solares pasivas o móviles.

- **Puente térmico perimetral:**

Passivhaus exige la simulación del encuentro ventana–aislamiento para garantizar:

- ▶ $\psi \leq 0,01 \text{ W/m}\cdot\text{K}$,
- ▶ ausencia de condensaciones superficiales e intersticiales,
- ▶ continuidad térmica completa de la envolvente.

- **Calidad de instalación y control documental**

La instalación debe cumplir criterios muy precisos:

- ▶ colocación en el plano del aislamiento,
- ▶ sellado interior hermético continuo,
- ▶ sellado exterior estanco y transpirable,
- ▶ evitación de premarcos metálicos no aislados.

Además, solo se aceptan carpinterías certificadas por el Passivhaus Institut, el modelo exacto se introduce en PHPP y se verifica su contribución al balance energético del edificio.

Comparativa CTE – Passivhaus en relación con las ventanas:

La siguiente tabla resume estas diferencias desde el punto de vista de proyecto y obra:

| COMPARATIVA CTE – PASSIVHAUS EN RELACIÓN CON LAS VENTANAS | | | |
|---|-----------------------------------|---|---|
| Aspecto | CTE | Passivhaus | Implicación en obra |
| Objetivo térmico | Uw del hueco según zona climática | $U_w \leq 0,80 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ instalado | Selección de carpinterías de altas prestaciones |
| Acristalamiento | Doble vidrio habitual | Triple vidrio habitual para cumplir Uw y confort | Mayor espesor, peso y coordinación temprana |
| Hermeticidad | Sin exigencia elevada | Clase 4 obligatoria | Sellado preciso y controlado |
| Confort radiante | No evaluado | Superficies interiores $\geq 17 \text{ }^\circ\text{C}$ | Eliminación de corrientes frías |
| Puente térmico | No se simula | $\psi \leq 0,01 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ | Detalle constructivo y simulación |
| Control solar | Regulación genérica | Integrado mediante PHPP | Diseño por orientación |
| Ejecución | No verificada en detalle | Instalación certificada y documentada | Premarcos y cintas obligatorios |

Nota aclaratoria – Equilibrar Uw y g:

Una ventana excelente en invierno puede provocar sobrecalentamiento en verano si presenta un factor solar elevado y no se acompaña de una estrategia de sombra adecuada. El diseño correcto exige equilibrar **transmitancia térmica, control solar y orientación**, tratando cada fachada de forma específica.



Ideas clave — Principio 4: Ventanas de altas prestaciones

Las ventanas combinan aislamiento, control solar, hermeticidad y calidad de instalación. En el CTE se consideran un hueco más; en construcción Pasiva, el conjunto instalado debe garantizar confort, equilibrio energético y durabilidad. Una ventana excelente en invierno puede ser un problema en verano si no se diseña correctamente por orientación y sombra.

Del mismo modo, la elección del tipo de apertura debe equilibrar diseño arquitectónico, uso y nivel de hermeticidad requerido, evitando concentraciones excesivas de sistemas correderos en edificios de alta eficiencia.

8.3. Decisiones de proyecto que condicionan la ejecución

El comportamiento real de una ventana se decide en gran medida en fase de proyecto. No basta con seleccionar una carpintería con buenos valores declarados: una definición incompleta de los componentes, de la orientación o de los encuentros con la envolvente suele traducirse, en obra, en pérdidas de prestaciones, problemas de confort o riesgo de sobrecalentamiento.

Desde el proyecto deben quedar claramente definidos y justificados:

- **La selección del acristalamiento**, considerando doble o triple vidrio bajo emisivo, cámaras rellenas de gas y espaciadores de borde cálido (warm edge), en función del objetivo energético del edificio. En cualquier caso, desde el Consorcio Passivhaus se recomienda elegir triple vidrio independientemente del clima.
- **El tipo de marco y hoja**, priorizando perfiles con baja transmitancia térmica y evitando una fracción excesiva de marco que penalice el U_w global de la ventana. En este análisis debe considerarse también el tipo de apertura: las carpinterías practicables ofrecen, en general, mejores niveles de hermeticidad que las correderas, incluidas las correderas-elevadoras.
- **El valor U_w del conjunto instalado**, que debe evaluarse como sistema completo (vidrio, marco, espaciador, premarco y proporciones), y no como suma de valores parciales.
- **La clase de permeabilidad al aire y estanqueidad al agua**, mediante herrajes y juntas adecuadas conforme a UNE-EN 12207 y 12208, garantizando hermeticidad y durabilidad. La acumulación de varias carpinterías con menores prestaciones de hermeticidad puede comprometer el resultado global del edificio, aun cuando cada unidad cumpla individualmente con los requisitos.
- **La posición del hueco respecto al plano del aislamiento**, asegurando la continuidad térmica y minimizando el puente térmico perimetral mediante soluciones de premarco correctamente definidas y, cuando procede, simuladas (ψ).
- **La resolución del cajón de persiana**, optando por soluciones térmicas y estancas o, preferiblemente, por sistemas de protección solar exterior independientes que no penalicen la envolvente.
- **La integración de las protecciones solares**, que deben diseñarse de forma coherente con el acristalamiento y la orientación, y no añadirse como un elemento posterior.



El diseño debe adaptarse además a la **orientación de cada hueco**:

- En orientación **sur**, se busca un equilibrio entre ganancias solares útiles en invierno (factor g moderado) y sombreado estacional mediante voladizos o lamas.
- En orientaciones **este y oeste**, es prioritario limitar las ganancias estivales con factores solares bajos y protecciones móviles exteriores.
- En orientación **norte**, se priorizan valores bajos de U_w y una elevada estanqueidad al aire, ya que las ganancias solares son irrelevantes.

Desde la experiencia del Consorcio Passivhaus, estas decisiones se refuerzan con una serie de recomendaciones clave: uso de carpinterías certificadas, ajuste preciso del factor solar según orientación, diseño y simulación de los encuentros ventana–aislamiento, instalación en el plano del aislamiento con sellado interior hermético y exterior estanco, e integración de protecciones solares compatibles con sistemas de automatización.

Diseñar ventanas sin considerar conjuntamente **prestaciones, orientación, instalación y control solar** es uno de los errores más habituales en edificios de bajo consumo y compromete tanto el confort como el rendimiento energético final.



8.4. Aplicación práctica en obra

8.4.1. Ejecución en obra: puntos críticos

En fase de ejecución, la ventana se convierte en uno de los elementos más sensibles de la envolvente térmica. A diferencia de otros componentes, concentra en un punto reducido aspectos clave como aislamiento, hermeticidad, estanqueidad al agua, control solar y confort radiante. Por ello, una instalación deficiente puede anular en gran medida las prestaciones de una carpintería de altas prestaciones correctamente seleccionada en proyecto.

Los puntos críticos más habituales detectados en obra son los siguientes:

- **Premarcos metálicos sin aislamiento**, que introducen puentes térmicos perimetrales y elevan el riesgo de condensaciones en jambas y alféizares.
- **Ubicación de la ventana fuera del plano del aislamiento**, lo que rompe la continuidad térmica del cerramiento y genera pérdidas de energía en el contorno del hueco.
- **Sellados discontinuos o incorrectos**, tanto en el plano interior como exterior, que provocan infiltraciones de aire, entrada de agua y pérdida de hermeticidad del conjunto. Este aspecto resulta especialmente crítico en balconeras correderas-elevadoras, donde la complejidad del sistema exige una ejecución muy cuidadosa para limitar fugas de aire.
- **Vierteaguas metálicos pasantes sin rotura térmica**, que actúan como disipadores de calor y pueden generar puntos fríos en el interior.
- **Cajones de persiana no aislados o mal integrados**, que se comportan como uno de los puntos más débiles de la envolvente, tanto desde el punto de vista térmico como de estanqueidad al aire.
- **Falta de aislamiento en jambas, alféizares y umbrales**, especialmente en rehabilitación, donde estos elementos suelen quedar fuera del alcance del aislamiento principal.



Estos errores no suelen deberse a la ausencia de soluciones técnicas, sino a una **deficiente coordinación entre gremios** y a la falta de una definición clara de los detalles constructivos. Garantizar una correcta ejecución exige una planificación precisa, control de los encuentros en obra y coherencia entre carpintería, aislamiento y acabados, de modo que se mantenga la continuidad térmica y la estanqueidad previstas en el proyecto.

8.4.2. Control de calidad y verificación

El control de calidad de las ventanas de altas prestaciones debe abordarse como un proceso continuo, ya que gran parte de sus prestaciones dependen de su correcta integración en la envolvente. Una ventana con buenos valores declarados puede ver comprometido su comportamiento térmico, su hermeticidad y su durabilidad si no se verifican adecuadamente el diseño del detalle y su ejecución en obra.

- **Proyecto:**

En fase de proyecto, el control debe centrarse en la correcta definición del conjunto ventana–envolvente. Es imprescindible seleccionar carpinterías con **documentación técnica completa (DoP)**, comprobar el **valor U_w del conjunto instalado** (considerando vidrio, marco, espaciador y proporciones) y definir con claridad la posición del hueco respecto al plano del aislamiento. Asimismo, deben detallarse los encuentros perimetrales, incluyendo la solución de premarco y el control del puente térmico de instalación cuando sea relevante, y verificarse la coherencia entre el factor solar del vidrio, la orientación y las protecciones solares previstas.

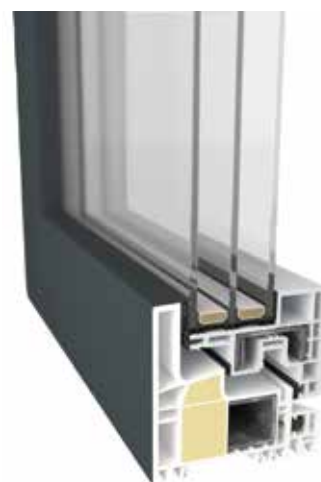
- **Obra:**

Durante la ejecución, el control se orienta a verificar que las soluciones definidas en proyecto se materializan correctamente. Debe comprobarse la correcta colocación de la ventana en el plano del aislamiento, la continuidad térmica en jambas, dinteles y alféizares, y la correcta ejecución del **sellado doble**, con un plano interior hermético y un plano exterior estanco y transpirable. La inspección visual de cintas, sellos y remates antes del cierre de acabados resulta especialmente relevante.

- **Post obra:**

Una vez instalada la carpintería, debe realizarse una verificación final del conjunto. Esta incluye la **recepción y revisión de la DoP**, la **comprobación del valor U_w del hueco instalado**, la **inspección de la continuidad de cintas y sellos**, y, cuando proceda, la realización de **pruebas de permeabilidad al aire** o su verificación indirecta dentro del ensayo Blower Door del edificio. En proyectos de construcción Pasiva, la correcta instalación de las ventanas se valida además en el balance energético global mediante PHPP.

Este control por fases permite detectar errores cuando aún son corregibles y asegurar que las prestaciones previstas en proyecto se mantengan en el edificio terminado.



8.4.3. Errores frecuentes

Los problemas asociados a las ventanas de altas prestaciones no suelen deberse a la falta de producto, sino a **errores de diseño del detalle o de ejecución en obra** que anulan total o parcialmente sus prestaciones térmicas, de hermeticidad y de control solar. Muchos de estos errores se repiten de forma sistemática y tienen un impacto directo en el confort interior y en el consumo energético del edificio.

Entre los errores más habituales destacan los siguientes:

- **Premarcos metálicos sin rotura de puente térmico**, que generan pérdidas perimetrales importantes y elevan el riesgo de condensaciones en jambas y alféizares.
- **Instalación de la ventana sin premarco ni sistema de cintas**, lo que dificulta garantizar la continuidad térmica y la hermeticidad del encuentro con el cerramiento.
- **Sellados discontinuos o incompletos entre ventana y muro**, que provocan infiltraciones de aire y agua incluso en carpinterías de altas prestaciones.
- **Uso extensivo de balconeras correderas-elevadoras** en una misma vivienda sin evaluar su impacto acumulativo sobre la hermeticidad global, generando múltiples fugas pequeñas que, en conjunto, pueden afectar al confort y al cumplimiento del objetivo n50.
- **Colocación de la ventana fuera del plano del aislamiento**, rompiendo la continuidad térmica del cerramiento y penalizando el comportamiento del conjunto.
- **Cajones de persiana "fríos" o no aislados**, que se convierten en uno de los puntos más débiles de la envolvente desde el punto de vista térmico y de estanqueidad.
- **Grandes paños acristalados sin protección solar exterior**, que incrementan de forma significativa el riesgo de sobrecalentamiento, especialmente en orientaciones este y oeste.
- **Selección inadecuada del vidrio según la orientación**, con factores solares elevados en huecos muy expuestos al sol.
- **Uso de doble acristalamiento en orientaciones críticas**, que compromete el confort radiante y aumenta la demanda energética.
- **Montaje incorrecto o inexistente de protecciones solares**, tratándolas como un elemento accesorio y no como parte integrante del sistema ventana.
- **Exceso de montantes y perfilería**, que reduce la superficie útil de vidrio, empeora el U_w real del conjunto y limita el aprovechamiento de las ganancias solares útiles.

Estos errores se traducen en mayor consumo energético, pérdida de confort térmico y visual y, en algunos casos, en patologías evitables. La mayoría pueden prevenirse con una correcta definición de los detalles en proyecto y una supervisión específica durante la instalación de las ventanas en obra.

8.4.4. Checklist de obra

El siguiente checklist tiene como objetivo facilitar la **verificación sistemática en obra** de los aspectos clave relacionados con la instalación de ventanas de altas prestaciones. Su uso es especialmente recomendable antes del cierre de acabados, cuando todavía es posible corregir errores sin un coste elevado.

Este listado no sustituye al control técnico, pero ayuda a asegurar que las decisiones de proyecto se han materializado correctamente en obra.

| CHECKLIST DE OBRA PARA VENTANAS | | Comprobación |
|---------------------------------|--|--------------|
| Ítem a verificar | | |
| 1 | Uw del conjunto instalado verificado y documentado | |
| 2 | Factor solar (g) coherente con la orientación y el sistema de sombra | |
| 3 | Ventana colocada en el plano del aislamiento | |
| 4 | Premarco aislado y continuidad térmica perimetral | |
| 5 | Sellado interior hermético y sellado exterior estanco y transpirable | |
| 6 | Jambas, alféizares y umbrales correctamente aislados | |
| 7 | Vierteaguas con rotura térmica ejecutados | |
| 8 | Cajón de persiana térmicamente integrado o solución alternativa | |
| 9 | Inspección final de cintas, sellos y fijaciones | |



Recomendaciones del Consorcio Passivhaus Principio 4: Ventanas de altas prestaciones

- Usar siempre **carpinterías certificadas Passivhaus**.
- Elegir **triple acristalamiento independientemente del clima**.
- Ajustar cuidadosamente el **factor solar (g)** según la orientación.
- Diseñar los **encuentros con simulación del puente térmico (ψ)**.
- Garantizar la **instalación en el plano del aislamiento**.
- Emplear **sellos interiores herméticos y sellos exteriores transpirables**.
- **Limitar el número de balconeras correderas-elevadoras** y valorar su efecto conjunto sobre la hermeticidad del edificio, especialmente en viviendas de alta gama con grandes superficies acristaladas.
- Asegurar la **compatibilidad con domótica** para el control solar automático.

9. Principio 5 — Ventilación mecánica controlada con recuperación de calor (VMRC)

9.1. ¿Qué es la ventilación mecánica con recuperación de calor?

La ventilación mecánica controlada con recuperación de calor (VMRC), también denominada ventilación mecánica controlada de doble flujo, es un sistema que renueva de forma continua el aire interior mediante la aportación de aire exterior filtrado y la extracción del aire viciado, recuperando simultáneamente la energía térmica del aire expulsado.

Su funcionamiento se basa en un **intercambiador de calor**, en el que el aire interior y el aire exterior circulan por conductos independientes sin mezclarse entre sí. En invierno, el aire interior caliente transfiere su energía al aire exterior frío que entra en el edificio, reduciendo de forma significativa la energía necesaria para calentarlo. En verano, el proceso se invierte: el aire extraído, generalmente más fresco, enfría previamente el aire caliente entrante, disminuyendo la carga térmica interior.

La eficiencia del intercambiador es un parámetro clave del sistema y determina cuánta energía se conserva en el proceso de ventilación. De forma orientativa:

- Los sistemas convencionales presentan eficiencias del orden del **40–60 %**
- Los sistemas de alta eficiencia empleados en edificios de construcción Pasiva alcanzan valores **iguales o superiores al 80–90 %**

Además de reducir las pérdidas energéticas asociadas a la ventilación, la VMRC permite controlar de manera estable tres parámetros fundamentales del ambiente interior:

- La **concentración de CO₂**, como indicador directo de la calidad del aire
- La **humedad relativa**, evitando ambientes demasiado secos o húmedos y reduciendo el riesgo de condensaciones
- La **temperatura del aire impulsado**, evitando corrientes frías o calientes y mejorando el confort térmico

A diferencia de la ventilación natural, la ventilación mecánica de doble flujo garantiza una renovación de aire constante e independiente del comportamiento del usuario, sin necesidad de abrir ventanas. Por este motivo, es un componente obligatorio en el estándar Passivhaus y un elemento clave en edificios de consumo casi nulo, ya que permite compatibilizar **salud, confort y eficiencia energética** en envolventes bien aisladas y herméticas.

9.2. Ventilación mecánica de doble flujo y marco normativo: CTE y construcción Pasiva

La ventilación es uno de los ámbitos donde la diferencia entre el enfoque normativo del CTE y el estándar Passivhaus resulta más evidente. Ambos persiguen garantizar la salubridad de los espacios interiores, pero lo hacen con criterios y niveles de exigencia muy distintos, con consecuencias directas sobre el consumo energético y el confort.

¿Cómo aborda el CTE la ventilación?:

El CTE DB-HS 3 regula la ventilación desde un enfoque higiénico, centrado en garantizar un caudal mínimo de renovación del aire interior. En este marco:

- Se permite la ventilación natural mediante ventanas o rejillas
- Se admiten sistemas de extracción sin recuperación de calor
- No se exige ventilación mecánica continua
- No se exige filtración avanzada del aire exterior
- No se controlan niveles de CO₂, sino únicamente caudales mínimos
- No se limitan las pérdidas energéticas asociadas a la ventilación
- No se exige una eficiencia mínima de los equipos



Promoción de vivienda pública

Este planteamiento permite cumplir la normativa, pero conlleva importantes limitaciones prácticas:

- Elevadas pérdidas energéticas en invierno y verano
- Calidad del aire muy dependiente del comportamiento del usuario
- Riesgo de contaminación acústica por necesidad de abrir ventanas
- Escasa coherencia con edificios bien aislados y herméticos

¿Cómo aborda la construcción Pasiva la ventilación?:

El estándar Passivhaus adopta un enfoque completamente distinto. La ventilación con recuperación de calor se considera un **sistema esencial**, integrado en el diseño global del edificio y verificado mediante parámetros cuantificables. Por ello, la construcción Pasiva exige de forma sistemática **sistemas de doble flujo con recuperación de calor** como solución mínima.

Las exigencias Passivhaus se estructuran en varios bloques claramente definidos:

- **Requisitos de eficiencia:**

- ▶ Rendimiento de recuperación de calor $\geq 75 \%$, siendo habituales valores del **80–95 %** en equipos certificados.
- ▶ Consumo específico del sistema $\leq 0,45 \text{ Wh/m}^3$, para limitar el impacto eléctrico de los ventiladores.

- **Filtración del aire:**

- ▶ Filtros **F7 o superiores** en el aire de impulsión, garantizando una alta calidad del aire interior.
- ▶ Filtros **F9 o HEPA** recomendables en entornos con elevada contaminación exterior.
- ▶ Filtrado del aire extraído para proteger el intercambiador y prolongar la vida útil del equipo.

- **Control de la calidad del aire interior:**

- ▶ Concentraciones de **CO₂ $\leq 800 \text{ ppm}$** en condiciones habituales de uso.
- ▶ **Humedad interior controlada**, reduciendo el riesgo de condensaciones y ambientes insalubres.
- ▶ Funcionamiento **continuo 24/7**, independiente de la presencia del usuario.

- **Diseño del sistema:**

- ▶ Conductos **aislados y herméticos**, especialmente en tramos situados fuera de la envolvente térmica.
- ▶ Redes de distribución de **baja pérdida de carga**, con trazados cortos y directos.
- ▶ **Equilibrado real de caudales**, verificado mediante mediciones en la puesta en marcha.
- ▶ Incorporación de **by-pass automático** para favorecer la ventilación nocturna en verano.

- **Integración energética:**

- ▶ Uso de **sistemas compactos** que combinan ventilación con bomba de calor para calefacción y refrigeración de baja potencia.
- ▶ En el enfoque de construcción Pasiva se prioriza, siempre que sea posible, la separación funcional entre ventilación y climatización, para garantizar que cada sistema opere conforme a su lógica de diseño y evitar sobreexigencias indebidas.
- ▶ Integración coherente con el resto de sistemas y con el balance energético global del edificio.

Este enfoque convierte la ventilación en un elemento activo de confort, salud y eficiencia, plenamente alineado con los objetivos de los edificios de consumo casi nulo. Asimismo, evita que la renovación de aire se convierta en una fuente de pérdidas energéticas incontroladas.

Comparativa CTE – Passivhaus en relación con la ventilación:

| COMPARATIVA CTE – PASSIVHAUS EN RELACIÓN CON LA VENTILACIÓN | | | |
|--|----------------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| Aspecto | CTE (DB-HS / RITE) | Passivhaus | Implicación en proyecto y obra |
| Enfoque | Caudales mínimos por salud | Calidad de aire + eficiencia | Diseño integral del sistema |
| Recuperación de calor | No siempre obligatoria | ≥ 75 % obligatoria | Selección de unidad certificada |
| Filtración | Básica o inexistente | F7–F9 / HEPA | Protección de salud y equipo |
| Funcionamiento | Intermitente | Continuo 24/7 | Estabilidad de IAQ |
| Verificación | No exige equilibrado | Equilibrado medido | Comisionado obligatorio |
| Confort acústico | Límites generales | ≤ 25 dB en estancias | Diseño acústico de conductos |

Nota aclaratoria — IAQ ≠ abrir más ventanas

La ventilación manual es puntual y no garantiza caudales constantes ni filtración. La VMC aporta salud, confort y eficiencia durante todo el año.



Ideas clave — Principio 5: Ventilación con recuperación de calor

La VMRC es el corazón de una vivienda pasiva. Una envolvente hermética permite que funcione de forma estable y eficiente, mientras que un buen control solar reduce su carga en verano. Diseñada, instalada y mantenida correctamente, la ventilación con recuperación de calor garantiza salud, confort y eficiencia energética durante todo el año. La VMRC no está concebida para responder a demandas inmediatas de climatización, sino para mantener de forma continua y estable la calidad del aire interior.

9.3. Decisiones de proyecto que condicionan la ejecución

El correcto funcionamiento de un sistema de ventilación con recuperación de calor depende en gran medida de las decisiones adoptadas en fase de proyecto. Cuando estas no se definen con claridad, suelen aparecer imprevisiones en obra que afectan al confort, al consumo eléctrico, al nivel acústico o a la calidad del aire interior.

En particular, deben quedar resueltos desde el proyecto los siguientes aspectos:

- **Esquema de ventilación (zonas secas / zonas húmedas):**

Definir claramente la impulsión de aire en estancias secas (salones y dormitorios) y la extracción en locales húmedos (cocinas y baños) es fundamental para garantizar un barrido correcto del aire y evitar recirculaciones indeseadas.

- **Dimensionado de caudales de aire:**

Los caudales deben calcularse en función de la ocupación y del uso real de los espacios, tomando como referencia el CTE DB-HS 3 y ajustándolos, en edificios de alta eficiencia, mediante el balance energético (PHPP). Un mal dimensionado provoca problemas de calidad del aire, ruido o consumo excesivo.

- **Diseño de la red de conductos:**

Los trazados deben ser lo más cortos y directos posible, con secciones adecuadas para limitar pérdidas de carga y velocidades elevadas. Es imprescindible prever el aislamiento térmico de los conductos situados fuera de la envolvente y asegurar su hermeticidad.

- **Selección y ubicación del recuperador:**

El equipo debe presentar alta eficiencia térmica y bajo consumo específico, disponer de by-pass de verano y ubicarse en un espacio accesible para mantenimiento, sustitución de filtros y ajuste de caudales.

- **Integración con el resto del edificio:**

La VM de doble flujo debe coordinarse con la hermeticidad de la envolvente y con el control solar. Una envolvente hermética garantiza un funcionamiento estable del sistema, mientras que una correcta protección solar reduce la carga estival y mejora la eficacia del by-pass nocturno. Asimismo, debe definirse claramente la relación, o separación, entre ventilación y climatización, evitando que la ventilación se utilice como sustituto de sistemas de calefacción o refrigeración.

La definición precisa de estos puntos en proyecto es clave para que la ejecución en obra sea coherente y para que la ventilación cumpla su función como elemento central de confort, salud y eficiencia energética.

9.4. Aplicación práctica en obra

9.4.1. Ejecución en obra: puntos críticos

La ejecución del sistema de ventilación con recuperación de calor es especialmente sensible, ya que pequeños errores de instalación pueden traducirse en problemas de ruido, condensaciones, pérdida de eficiencia o mala calidad del aire interior. A diferencia de otros sistemas, muchos de estos defectos quedan ocultos tras los acabados y son difíciles de corregir a posteriori.

Los puntos críticos más habituales en obra son los siguientes:

- **Red de conductos mal ejecutada:**

Trazados innecesariamente largos, cambios bruscos de dirección o secciones inadecuadas aumentan las pérdidas de carga, elevan el consumo eléctrico del sistema y favorecen la aparición de ruidos.

- **Conductos sin aislamiento térmico:**

Especialmente en tramos situados fuera de la envolvente térmica, la falta de aislamiento puede provocar condensaciones superficiales, pérdidas energéticas y problemas de durabilidad.

- **Falta de estanqueidad en la red:**

Juntas mal selladas o conductos flexibles de baja calidad generan fugas de aire que dificultan el equilibrado de caudales y reducen la eficiencia real del recuperador.

- **Ubicación incorrecta de tomas y descargas:**

Colocar las bocas demasiado próximas entre sí o en zonas expuestas puede provocar recirculaciones de aire viciado o entrada de contaminantes.

- **Instalaciones ruidosas:**

La ausencia de silenciadores, soportes antivibratorios o una mala elección de velocidades del aire suele derivar en molestias acústicas, especialmente en dormitorios.

Una correcta coordinación entre proyecto, instalador y dirección de obra es clave para garantizar que el sistema funcione conforme a lo previsto.



Promoción de vivienda pública

9.4.3. Control de calidad y verificación

El control de calidad de la ventilación con recuperación de calor debe abordarse como un proceso estructurado en tres fases, proyecto, obra y post-obra, ya que gran parte de las prestaciones del sistema dependen de su correcto diseño, ejecución y puesta en marcha. A diferencia de otros sistemas, muchos de los problemas asociados a la ventilación no son visibles una vez cerrados los acabados, por lo que una verificación sistemática resulta imprescindible.

- **Proyecto:**

En fase de proyecto, el control debe centrarse en la definición clara del sistema. Es necesario verificar que el esquema de impulsión y extracción, los caudales de diseño, la selección del recuperador y el trazado de la red de conductos están correctamente definidos y coordinados con el resto del edificio. Debe comprobarse la coherencia entre los caudales previstos y el balance energético (CTE / PHPP), así como la previsión de accesos a filtros, silenciadores, by-pass de verano y elementos necesarios para el equilibrado posterior.

- **Obra:**

Durante la ejecución, el control de calidad se orienta a comprobar que el sistema se instala conforme al proyecto. Debe verificarse la correcta colocación y aislamiento de los conductos, especialmente en tramos fuera de la envolvente, la estanqueidad de las uniones, la instalación de silenciadores y soportes antivibratorios, y la correcta ubicación de tomas y descargas. El registro fotográfico antes del cierre de falsos techos es especialmente recomendable para documentar la continuidad y calidad de la instalación.

- **Post-obra:**

Una vez finalizada la instalación, es imprescindible realizar el **comisionado del sistema**. Este incluye el **equilibrado real de caudales** mediante mediciones en rejillas y terminales con balómetro o caudalímetro, el registro de los ajustes realizados y la verificación de los **niveles de ruido**, asegurando que en estancias sensibles, como dormitorios, no se superan valores del orden de **25 dB**. Asimismo, debe comprobarse la accesibilidad a los filtros y establecerse un **plan de mantenimiento**, junto con la entrega al usuario final de un **manual de uso**, que explique de forma sencilla el funcionamiento del sistema, los modos de operación y las tareas básicas de mantenimiento. Este manual debe dejar claro el papel específico de la ventilación, sus tiempos de respuesta y sus límites, diferenciándola de los sistemas de climatización.

Este control por fases permite asegurar que la ventilación con recuperación de calor funciona conforme a lo previsto en proyecto y mantiene sus prestaciones de confort, calidad del aire y eficiencia energética a lo largo del tiempo.

9.4.3. Errores frecuentes

Los problemas asociados a la ventilación con recuperación de calor se repiten con frecuencia cuando el sistema se concibe como una instalación secundaria y no como un elemento clave del confort, la salud y la eficiencia energética. La mayoría de estos errores no son tecnológicos, sino consecuencia de un diseño incompleto, una ejecución poco cuidada o la ausencia de verificación y mantenimiento.

Entre los errores más habituales destacan los siguientes:

- **Conductos sin aislamiento térmico**, especialmente en tramos situados fuera de la envolvente, que provocan condensaciones, pérdidas energéticas y problemas de durabilidad.
- **Redes de conductos mal diseñadas**, con trazados largos, cambios bruscos de dirección o secciones inadecuadas, que incrementan las pérdidas de carga, el consumo eléctrico y favorecen la aparición de ruido.
- **Instalaciones ruidosas**, debidas a velocidades excesivas del aire, ausencia de silenciadores o uso de soportes rígidos sin desacoplamiento antivibratorio, con especial impacto en dormitorios.
- **Caudales desequilibrados**, consecuencia de no realizar un equilibrado real en puesta en marcha, que generan sobrepresión o depresión en la vivienda y afectan al correcto funcionamiento del sistema.
- **Retornos de aire por rendijas o puntos no previstos**, provocados por desequilibrios de caudal o por una mala definición del esquema de impulsión y extracción, que reducen la eficacia de la ventilación controlada.
- **Ubicación incorrecta de tomas y descargas**, demasiado próximas entre sí o mal orientadas, que pueden provocar recirculación de aire viciado o entrada de contaminantes del exterior.
- **Filtros inaccesibles o sin mantenimiento**, que dificultan su sustitución periódica, reducen progresivamente la eficiencia del sistema y deterioran la calidad del aire interior.
- **Sistemas sobredimensionados o infradimensionados**, que derivan en consumos innecesarios, mayores niveles de ruido o incapacidad para garantizar una adecuada renovación del aire.
- Utilizar la **ventilación con recuperación de calor como sistema principal de climatización**, forzando caudales para intentar compensar una protección solar insuficiente, aperturas continuas de ventanas o expectativas de confort inmediato.
- **Mezclar funciones de ventilación y climatización** sin una explicación clara al usuario final, generando un uso inadecuado del sistema y una percepción errónea de su funcionamiento.

La mayoría de estos errores pueden evitarse con una correcta definición del sistema en proyecto, una ejecución coordinada en obra y un comisionado riguroso. La VMRC solo cumple su función cuando se diseña, instala y mantiene como un sistema integral.

9.4.4. Checklist de obra

El siguiente checklist permite verificar en obra los aspectos esenciales relacionados con la correcta ejecución y puesta en marcha del sistema de ventilación con recuperación de calor. Su aplicación durante la instalación y antes de la finalización de la obra ayuda a detectar errores habituales que afectan al confort acústico, a la eficiencia del sistema y a su funcionamiento a largo plazo.

| CHECKLIST DE OBRA PARA VMRC | | |
|-----------------------------|--|--------------|
| Ítem a verificar | | Comprobación |
| 1 | Esquema seco/húmedo correctamente trazado | |
| 2 | By-pass de verano previsto y accesos a filtros garantizados | |
| 3 | Equilibrado de caudales documentado en acta de puesta en marcha | |
| 4 | Aislamiento de conductos en tramos situados fuera de la envolvente | |
| 5 | Mediciones de ruido realizadas en estancias críticas | |



Recomendaciones del Consorcio Passivhaus

Principio 5: Ventilación con recuperación de calor

- Elegir **equipos certificados** por el Passivhaus Institut.
- Utilizar **conductos rígidos** siempre que sea posible.
- **Minimizar pérdidas de carga** mediante trazados directos.
- **Mantener y sustituir filtros** cada 3–6 meses.
- **Verificar caudales de ventilación** con mediciones profesionales.
- Integrar la **ventilación en el diseño temprano** del edificio.
- **Evitar la ventilación natural** en edificios de alta eficiencia.
- **Separar conceptualmente y funcionalmente ventilación y climatización**, permitiendo que cada sistema opere a su propio ritmo.
- **Explicar de forma clara al usuario final el funcionamiento de la VMRC**, sus tiempos de respuesta y su papel dentro del conjunto del edificio.

10. Principio 6 — Control solar

10.1. ¿Qué es el control solar y por qué es determinante?

La radiación solar es una de las principales fuentes de carga térmica en los edificios. En condiciones estándar, la radiación directa puede alcanzar valores de hasta **800 W/m²** cuando incide perpendicularmente sobre una fachada o una ventana expuesta. Si este aporte no se gestiona adecuadamente, puede provocar **sobrecalentamiento interior**, aumento del consumo energético para refrigeración y una disminución del confort térmico.

El control solar tiene como objetivo **regular la cantidad de radiación que atraviesa la envolvente acristalada**, permitiendo aprovechar las ganancias solares en invierno y limitar las ganancias indeseadas en verano. Por ello, constituye un principio clave en edificios de alta eficiencia, especialmente en **climas templados y cálidos**, predominantes en gran parte de España.

La arquitectura bioclimática ofrece soluciones pasivas eficaces basadas en la **trayectoria solar y su variación estacional**. En particular, la orientación sur permite el uso de protecciones solares fijas, como voladizos, porches, celosías o vegetación de hoja caduca, que bloquean la radiación en verano y permiten su entrada en invierno, cuando el ángulo solar es más bajo. Estas estrategias, correctamente dimensionadas, pueden combinarse con ventilación cruzada, ventilación nocturna o inercia térmica para mejorar el comportamiento global del edificio.

Sin embargo, estas soluciones no siempre son viables. En edificios existentes, orientaciones no ideales o entornos urbanos densos, suele ser necesario recurrir a **sistemas de control solar dinámico**, capaces de adaptarse al recorrido solar y a las condiciones térmicas en tiempo real.

Desde un punto de vista funcional, los dispositivos de control solar aportan **adaptabilidad a la envolvente transparente**, permitiendo aprovechar o rechazar la radiación solar según la estación. Además de su impacto energético, mejoran el **confort visual**, al reducir el deslumbramiento, modular la entrada de luz natural y permitir grandes superficies acristaladas con contacto visual con el exterior, manteniendo niveles adecuados de privacidad y calidad ambiental interior.



Promoción de vivienda pública en Tudela

Principales tipologías de control solar:

Las soluciones de control solar deben adaptarse a la orientación, el clima, el uso del edificio y las preferencias del usuario. De forma resumida, las tipologías más habituales son:

- **Persianas enrollables exteriores**, que ofrecen un elevado nivel de oscurecimiento y una reducción eficaz de la carga térmica. Las soluciones actuales con cajón aislado mejoran significativamente el comportamiento térmico del hueco. Dentro de esta categoría se incluyen sistemas tradicionales exteriores como las persianas enrollables de madera tipo alicantina o "persiana Barcelona", muy habituales en el ámbito mediterráneo, de bajo coste y elevada eficacia como protección solar exterior.
- **Persianas graduables**, cuyas lamas orientables permiten regular dinámicamente la radiación solar y la entrada de luz natural, combinando confort visual, privacidad y eficiencia energética.
- **Toldos verticales**, especialmente adecuados para grandes superficies acristaladas, que filtran la radiación solar directa manteniendo la visibilidad exterior.
- **Toldos inclinados**, que generan sombra proyectada y crean espacios intermedios protegidos, especialmente útiles en terrazas y balcones.
- **Pérgolas y pérgolas bioclimáticas**, con lamas móviles que se ajustan según radiación y temperatura, idóneas para espacios exteriores habitables durante todo el año.
- **Sistemas de control solar interior** (estores, venecianas, lamas verticales), cuya eficacia térmica es menor que la de las soluciones exteriores, pero que resultan útiles para el control visual y como complemento a otras estrategias.

¿Cómo se mide el efecto del control solar?:

El efecto térmico del control solar se cuantifica mediante el **factor solar total** o **gtot** (denominado *ggl,sh;wi* en el CTE), que representa la proporción de energía solar incidente sobre el hueco que penetra en el interior cuando el dispositivo de sombreado está activado. Este valor se calcula siempre **en combinación con el acristalamiento**.

El gtot depende de las propiedades ópticas del material de sombreado (**transmitancia (T), reflectancia (R) y absorbancia (A)**), así como de los valores de **Ug** y del **factor solar g del vidrio**. Puede calcularse mediante la norma **UNE-EN ISO 52022-1** (método simplificado) o, con mayor precisión, mediante **UNE-EN ISO 52022-3**, normalmente con ayuda de software especializado.

Los principales factores que influyen en el gtot son:

- **La posición del sistema:** las soluciones exteriores son significativamente más eficaces que las interiores, ya que la energía absorbida no queda atrapada en el interior del edificio.
- **El color del material**, especialmente relevante en tejidos interiores, ya que influye tanto en el confort visual como en el comportamiento térmico.
- **El factor de apertura** en tejidos, que determina el paso de radiación directa.
- **El ángulo de las lamas** en persianas graduables y la **inclinación de los toldos**.

Además, los dispositivos de control solar activados pueden aportar una **resistencia térmica adicional (ΔR)** al hueco, calculada según la norma **EN 13125**, lo que reduce la transmitancia térmica global de la ventana. En el caso de persianas, este efecto debe incluir también las características térmicas del **cajón de persiana** y la transmitancia lineal asociada al acoplamiento con el marco.

10.2. Control solar y marco normativo: CTE y construcción Pasiva

El control solar es uno de los ámbitos donde se aprecia con claridad la diferencia entre el enfoque normativo del CTE y el enfoque prestacional del estándar Passivhaus. Ambos reconocen la influencia de las ganancias solares en el comportamiento energético, pero lo hacen mediante criterios y métricas distintas.

¿Cómo aborda el CTE el control solar?:

Desde la actualización de 2019, el CTE DB-HE1 incorpora el parámetro **q_sol;jul**, definido como la relación entre las ganancias solares del mes de julio de los huecos de la envolvente térmica, con protecciones solares móviles activadas, y la superficie útil de los espacios habitables.

Los valores límite son:

- **≤ 2,00 kWh/m²·mes** en uso residencial privado
- **≤ 4,00 kWh/m²·mes** en otros usos

El cumplimiento de este indicador es obligatorio para cumplir el CTE. La herramienta unificada **HULC** incorpora su cálculo a partir del factor solar **ggl,sh;wi**, que debe introducirse para cada hueco.

El CTE contempla el efecto de protecciones solares móviles, manuales o automatizadas, conforme a la **UNE-EN ISO 52016-1**, que establece umbrales de activación basados en la irradiancia sobre la fachada:

- **300 W/m²** para control manual
- **200 W/m²** para control automatizado

Desde abril de 2025, HULC incorpora el **cálculo dinámico del control solar móvil** en la demanda de climatización. Si no se dispone de valores calculados según UNE-EN ISO 52022-3 (opción preferente), se permite el uso de valores por defecto.

Desde el punto de vista térmico, el CTE también regula la **transmitancia de los huecos (UH)** según la UNE-EN ISO 10077, incluyendo el efecto del cajón de persiana y la transmitancia lineal asociada (Ψ_p). Asimismo, limita la **permeabilidad al aire (Q100)** de los huecos de la envolvente térmica, considerando también el cajón de persiana cuando exista.

Este enfoque permite cumplir la normativa, pero presenta limitaciones claras: el control solar depende en gran medida de hipótesis de uso, no garantiza el confort de verano y no evalúa directamente el sobrecalentamiento interior.



¿Cómo aborda la construcción Pasiva el control solar?:

Passivhaus aborda el control solar como parte esencial del balance energético y del confort de verano. El criterio fundamental no es un valor mensual de ganancias, sino que el **porcentaje de horas con temperaturas interiores superiores a 25 °C no supere el 10 % anual**.

En el PHPP, el efecto del sombreado temporal se introduce mediante el **factor de reducción Z**, que representa la relación entre ventanas con y sin protección solar. Existen tablas de referencia para doble y triple acristalamiento, así como recomendaciones basadas en las normas **DIN V 18599-2** y **EN 13363**.

El PHPP tiene en cuenta el uso realista de las protecciones solares:

- Para demanda de refrigeración, se asume que el sombreado influye sobre el **70 % de la radiación**.
- Si el sombreado está automatizado o permite visión exterior con las protecciones cerradas, se considera un **80 %**.
- Para el cálculo de sobrecalentamiento, se considera una influencia del **90 %**.

Este enfoque reconoce el comportamiento real del usuario y prioriza estrategias pasivas antes que la climatización activa.

Promoción de vivienda pública en Multiva



Comparativa CTE – Passivhaus en relación con el control solar:

| COMPARATIVA CTE – PASSIVHAUS EN RELACIÓN CON EL CONTROL SOLAR | | | |
|---|---|--|--------------------------------|
| Aspecto | CTE | Passivhaus | Implicación en proyecto y obra |
| Objetivo | $q_{sol;jul} \leq 2,0 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{mes}$ | $\leq 10 \% \text{ horas} > 25 \text{ }^\circ\text{C}$ | Diseño orientado al confort |
| Enfoque | Cumplimiento mensual | Evaluación anual de sobrecalentamiento | Visión dinámica |
| Medios | Vidrio + sombras móviles | Sombras exteriores obligadas | Integración desde proyecto |
| Impacto | Cumplir normativa | Garantizar confort estival | Reduce tamaño de equipos |
| Integración | Separado | Integrado con ventanas y VMC | Diseño coordinado |

Nota aclaratoria — Sombra primero, luego equipos

Antes de sobredimensionar la climatización, deben agotarse las estrategias de control solar exterior y ventilación nocturna.



Ideas clave — Principio 6: Control solar

El control solar es esencial para evitar el sobrecalentamiento y reducir la demanda de refrigeración. En el CTE se regula mediante el indicador $q_{sol;jul}$; en Passivhaus, mediante el control de las horas de sobrecalentamiento. La estrategia óptima combina **protección solar exterior, factor g adecuado y ventilación nocturna**, integradas desde el proyecto. Los sistemas tradicionales de protección solar exterior, correctamente integrados en el diseño del hueco, pueden ofrecer soluciones muy eficaces y económicas, especialmente en climas mediterráneos.

10.3. Decisiones de proyecto que condicionan la ejecución

El control solar eficaz se define en fase de proyecto. Una protección mal dimensionada o mal coordinada con el acristalamiento y la ventilación puede resultar ineficaz, incluso aunque el edificio cumpla los requisitos normativos.

Desde el proyecto deben quedar claramente definidas las siguientes decisiones:

- **Selección del factor solar del acristalamiento (g) por orientación y clima:**

En climas cálidos (A–B) se priorizan g bajos y protecciones exteriores; en climas templados (C–D), el equilibrio entre ganancias invernales y sombra estival; y en climas fríos (E), el aprovechamiento controlado de las ganancias solares al sur.

- **Tipo de sistema de control solar:**

Definir si se emplean protecciones fijas, móviles exteriores o soluciones bioclimáticas, en función de la orientación, el uso y el contexto del edificio.

- **Posición del dispositivo:**

Las protecciones exteriores son térmicamente más eficaces; las soluciones interiores deben considerarse complementarias.

- **Dimensionado geométrico de protecciones fijas:**

Voladizos y lamas deben justificarse con la geometría solar local (ángulos de verano e invierno).

- **Integración en el cálculo energético:**

El efecto del control solar debe verificarse en HULC ($q_{sol};j_{ul}, g_{gl},sh;w_i$) o en PHPP (factor Z y sobrecalentamiento).

- **Coordinación con ventanas y envolvente:**

El control solar debe diseñarse conjuntamente con el tipo de ventana, el factor g del vidrio y la solución del hueco (incluido el cajón de persiana).

- **Relación con la estrategia estival y la ventilación:**

La reducción de ganancias solares debe coordinarse con la ventilación nocturna y el by-pass estival de la VMC.

- **Automatización y uso real:**

Definir desde el proyecto si el control será manual o automatizado, ya que condiciona el comportamiento real y su reflejo en los cálculos.

10.4. Aplicación práctica en obra

10.4.1. Ejecución en obra: puntos críticos

Durante la ejecución, los sistemas de control solar deben instalarse de forma coherente con el diseño previsto, ya que pequeños errores pueden comprometer su eficacia térmica y visual.

Los puntos críticos más habituales son:

- **Ubicación y alineación de las protecciones exteriores**, que deben respetar la posición y geometría definidas en proyecto para garantizar el sombreado efectivo en los periodos críticos.
- **Integración con el hueco y la carpintería**, evitando interferencias con ventanas, cajones de persiana o sistemas de apertura que limiten el funcionamiento correcto del dispositivo.
- **Cajones de persiana y elementos asociados**, que deben disponer de soluciones aisladas y estancas para no introducir puentes térmicos ni pérdidas de hermeticidad.
- **Fijaciones y anclajes**, que deben ejecutarse sin comprometer la continuidad del aislamiento ni generar infiltraciones de agua o aire.
- **Sistemas móviles y automatizados**, que requieren una correcta puesta en marcha, ajuste de finales de carrera y verificación del funcionamiento según la orientación.

Una ejecución cuidada es esencial para que el control solar actúe como un sistema pasivo eficaz y no como un elemento meramente accesorio.



Promoción de vivienda pública

10.4.2. Control de calidad y verificación

El control de calidad del control solar debe abordarse como un proceso continuo, estructurado en tres fases, de forma coherente con el resto de principios del edificio:

- **Proyecto:**

Verificación de que las soluciones de control solar están correctamente definidas, dimensionadas y justificadas en el cálculo energético (HULC o PHPP), incluyendo el tipo de control (manual o automatizado) y su influencia real en las ganancias solares.

- **Obra:**

Comprobación de la correcta instalación de protecciones solares, su integración con huecos y carpinterías, y la ejecución de cajones, anclajes y sellados conforme a proyecto. En sistemas automatizados, verificación básica del funcionamiento y de los criterios de activación.

- **Post obra:**

Revisión del comportamiento real del edificio en periodo estival, comprobando la eficacia del sombreado, la ausencia de deslumbramientos y la coherencia entre el uso previsto y el uso real. Cuando procede, análisis del comportamiento energético y del confort interior durante los primeros meses de uso.

Este control permite detectar desviaciones entre el diseño y la realidad antes de que se traduzcan en sobrecalentamiento, disconfort o aumento de demanda energética.

10.4.3. Errores frecuentes

Muchos de los problemas asociados al sobrecalentamiento no se deben a la ausencia de control solar, sino a errores reiterados en su diseño, ejecución o uso. Entre los más habituales destacan:

- **Confiar exclusivamente en estores o protecciones interiores**, que reducen el deslumbramiento pero tienen una eficacia térmica limitada al actuar cuando la radiación ya ha entrado en el espacio.
- **No coordinar el factor solar del vidrio con las protecciones**, dando lugar a combinaciones poco equilibradas que penalizan el confort en verano o las ganancias en invierno.
- **Voladizos o lamas mal dimensionados**, que no responden correctamente a la geometría solar real y resultan ineficaces en los periodos críticos.
- **Ausencia de automatización en orientaciones sensibles**, especialmente este y oeste, donde la radiación solar es más difícil de controlar mediante soluciones fijas.

Estos errores suelen traducirse en un aumento de la demanda de refrigeración, mayor dependencia de sistemas activos y una percepción negativa del confort interior.

10.4.4. Checklist de obra

| CHECKLIST DE OBRA PARA CONTROL SOLAR | | |
|--------------------------------------|---|--------------|
| Ítem a verificar | | Comprobación |
| 1 | Protecciones exteriores por orientación | |
| 2 | Dimensionado geométrico justificado | |
| 3 | Simulación estival documentada | |
| 4 | Automatización estacional definida | |
| 5 | Detalles de anclaje y mantenimiento previstos | |



Recomendaciones del Consorcio Passivhaus

Principio 6: Control solar

- Priorizar siempre **protecciones solares exteriores** frente a soluciones interiores.
- Diseñar el **control solar en función de orientación**, clima y uso real del edificio.
- Combinar el **factor solar del vidrio y dispositivos de sombra** como un único sistema.
- **Automatizar** las protecciones solares para reducir el riesgo de sobrecalentamiento.
- Verificar el comportamiento estival mediante **simulación energética (PHPP)**.
- Valorar **sistemas tradicionales de protección solar exterior**, como persianas enrollables de madera o porticones, por su elevada eficacia, bajo coste y adecuación al clima mediterráneo.

11. Control y monitorización

11.1. El edificio eficiente como sistema controlado

En la edificación contemporánea de alta eficiencia, la domótica y la gestión inteligente de la energía no deben entenderse como un conjunto de dispositivos aislados o “gadgets”, sino como una **infraestructura técnica de control** que permite que el edificio funcione conforme a lo diseñado y calculado.

Un edificio eficiente se comporta como un **sistema dinámico complejo**, en el que interactúan simultáneamente múltiples variables físicas y de uso:

- Transferencia de calor a través de la envolvente
- Humedad interior y riesgo de condensaciones
- Calidad del aire interior (CO₂, COV)
- Cargas térmicas internas
- Radiación solar incidente
- Ocupación real
- Producción energética renovable distribuida

Sin un sistema de control, cada uno de estos factores actúa de forma independiente, generando **ineficiencias, picos de consumo y comportamientos impredecibles**.

La domótica actúa como **capa de integración**, coordinando estos subsistemas para estabilizar el confort y optimizar el balance energético.

En edificios pasivos y de muy baja demanda, esta función es especialmente relevante. La envolvente reduce la demanda energética a valores mínimos, pero es la **gestión operativa** la que permite:

- Evitar desviaciones respecto a las simulaciones (PHPP)
- Mantener condiciones estables de temperatura, humedad y CO₂
- Prevenir el sobrecalentamiento estival
- Aprovechar la energía solar disponible
- Asegurar el rendimiento real del edificio a lo largo del tiempo

Las principales **variables que se controlan** mediante automatización son:

- Temperatura interior y exterior
- Humedad relativa
- Concentración de CO₂ y COV
- Radiación solar
- Luminosidad interior
- Presencia y ocupación
- Producción fotovoltaica y consumo eléctrico

Componentes de un sistema de control eficiente:

Un sistema domótico bien diseñado se estructura en torno a los siguientes elementos:

- **Sensores**

Los sensores constituyen la base del sistema de control, ya que proporcionan la información necesaria para que el edificio pueda **autorregularse en función de las condiciones reales**. La calidad del control depende directamente de la fiabilidad, precisión y correcta ubicación de estos elementos.

Los sensores esenciales en un edificio eficiente son:

- **Temperatura interior y exterior**
- **Humedad relativa**
- **CO₂ y COV**, como indicadores de calidad del aire interior
- **Radiación solar**, clave para el control de sombreado y sobrecalentamiento
- **Velocidad y dirección del viento**, especialmente relevante en control solar y ventilación
- **Luminosidad**, para regulación de iluminación y persianas
- **Detección de presencia**, para adaptar el funcionamiento a la ocupación real

La **correcta ubicación, calibración y protección** de los sensores es crítica: errores de medición o posiciones inadecuadas pueden provocar regulaciones incorrectas y pérdidas de eficiencia.



- **Actuadores:**

Los actuadores son los elementos que **materializan las decisiones del sistema de control**, permitiendo que el edificio responda de forma activa a las condiciones interiores y exteriores. Su correcta selección e integración es esencial para que la automatización tenga un impacto real en el rendimiento energético.

Entre los principales actuadores en edificios de alta eficiencia se encuentran:

- ▶ **Persianas, lamas y sistemas de sombreado**, especialmente exteriores
- ▶ **Climatización por zonas**, con regulación precisa de setpoints
- ▶ **Ventilación mecánica y regulación de caudales**, adaptada a CO₂ y humedad
- ▶ **Iluminación LED regulable**
- ▶ **Electroválvulas** para control hidráulico
- ▶ **Sistemas de generación renovable**, como fotovoltaica
- ▶ **Baterías y sistemas de almacenamiento energético**
- ▶ **Puntos de recarga de vehículo eléctrico**

La coordinación entre actuadores, por ejemplo, sombreado, ventilación y climatización, es lo que convierte un conjunto de equipos en **un sistema energético coherente y eficiente**.



• Protocolos de comunicación

En edificación eficiente es fundamental utilizar **protocolos abiertos e interoperables**, que permitan integrar equipos de distintos fabricantes y evitar dependencias tecnológicas a largo plazo. Los más utilizados son:

- ▶ **KNX (ISO/IEC 14543)**: el protocolo más robusto y extendido en Europa, especialmente en vivienda de alta eficiencia.
- ▶ **Modbus**: ampliamente empleado para la integración con equipos industriales, contadores energéticos e inversores.
- ▶ **BACnet**: estándar habitual en edificios terciarios y sistemas de climatización complejos.
- ▶ **MQTT**: protocolo ligero orientado a IoT, adecuado para monitorización y envío de datos en tiempo real.
- ▶ **Zigbee o Z-Wave**: soluciones inalámbricas domésticas, útiles en determinados contextos de rehabilitación.

El estándar Passivhaus **recomienda explícitamente el uso de protocolos abiertos**, que permitan la interoperabilidad entre sistemas y faciliten la evolución futura del edificio.

• Sistemas BEMS

Los **Building Energy Management Systems (BEMS)** constituyen la capa superior de gestión energética en edificios eficientes. Estos sistemas permiten:

- ▶ **análisis predictivo** del comportamiento energético,
- ▶ **alarmas anticipadas** ante desviaciones o fallos,
- ▶ **gestión energética centralizada**,
- ▶ **registro histórico** de datos operativos,
- ▶ **autoaprendizaje** y optimización progresiva.

Los BEMS son la **herramienta clave para alcanzar los niveles Passivhaus Plus y Premium**, especialmente en edificios de tamaño medio y grande, donde la complejidad de los sistemas hace imprescindible una gestión energética avanzada.

11.2. Marco normativo y estándares: CTE y construcción Pasiva

La automatización y el control del edificio no se regulan de forma explícita en la mayoría de marcos normativos, pero influyen de manera decisiva en la capacidad real de un edificio para cumplir, y mantener en el tiempo, los objetivos energéticos y de confort que dichas normativas persiguen.

Por ello, resulta necesario analizar cómo el Código Técnico de la Edificación y el estándar Passivhaus abordan, directa o indirectamente, el control operativo del edificio, y hasta qué punto la domótica actúa como un facilitador técnico para alcanzar sus exigencias.

¿Cómo aborda el CTE la automatización?:

El Código Técnico de la Edificación **no exige explícitamente domótica**, aunque sí incluye requisitos que dependen de una correcta regulación.

• CTE DB-HE (Ahorro de Energía):

- ▶ Monitorización obligatoria de consumos en terciario
 - ▶ Control por zonas del sistema térmico
 - ▶ Optimización del rendimiento de las instalaciones
 - ▶ Limitación de la demanda energética
- No exige automatización avanzada ni control predictivo

• RITE:

- ▶ Regulación automática de temperatura
 - ▶ Control de ventilación en función de la demanda
 - ▶ Medición de caudales
 - ▶ Programación horaria
 - ▶ Sensores de temperatura y calidad del aire en ciertos casos
- No exige integración global ni gestión coordinada

• DB-HS3:

- ▶ Exige caudales mínimos de ventilación
- ▶ No exige sensores de CO₂
- ▶ No contempla control inteligente de caudales
- ▶ No integra ventilación con sombreado o climatización

• Conclusión CTE:

La normativa española se centra en **requisitos mínimos de control**, no en sistemas inteligentes. La automatización no es necesaria para cumplir el CTE, pero sí para superarlo.

¿Cómo aborda la construcción Pasiva la automatización?:

Passivhaus no obliga a implantar domótica, pero su enfoque técnico la **favorece de forma natural**.

El estándar exige:

- Ventilación mecánica con recuperación (>75–85 %)
- Hermeticidad estricta ($n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$)
- Demanda anual $\leq 15 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{año}$
- Sobrecalentamiento $< 10 \%$ del tiempo $> 25 \text{ }^\circ\text{C}$
- Estabilidad térmica
- Control de picos de humedad

Sin automatización, cumplir estos requisitos es posible; **mantenerlos en uso real es mucho más difícil**.

La domótica permite:

- Autorregulación según radiación, viento, humedad y CO_2
- Reducir la dependencia del comportamiento del usuario
- Modular la ventilación
- Automatizar el control solar exterior
- Contrastar datos reales con PHPP
- Optimizar renovables en Plus y Premium

Comparativa CTE - Passivhaus en relación con el control y monitorización

| COMPARATIVA CTE - PASSIVHAUS EN RELACIÓN CON EL CONTROL Y MONITORIZACIÓN | | | |
|--|-------------------------|---|------------------------------------|
| Aspecto | CTE | Passivhaus | Conclusión |
| Ventilación | Caudal fijo | Caudal modulado por CO_2/HR | PH favorece control inteligente |
| Control térmico | Regulación básica | Estabilidad térmica estricta | PH requiere precisión |
| Sombreado | No exige automatización | Evitar sobrecalentamiento obligatorio | Automatización casi imprescindible |
| Monitorización | Solo en terciario | Recomendable siempre | Mejora control operativo |
| Gestión energética | Opcional | Necesaria en Plus/Premium | Clave en niveles altos |

11.3. Control operativo y rendimiento real del edificio

El diseño pasivo define el potencial energético de un edificio, pero es el **control operativo** el que determina si ese potencial se materializa en el uso real. La automatización permite que el edificio responda de forma continua a las condiciones interiores y exteriores, evitando desviaciones respecto a lo previsto en fase de proyecto y simulación.

En la práctica, la gestión inteligente actúa coordinando los principales sistemas del edificio, de modo que no funcionen de forma aislada ni contradictoria. En particular, la automatización permite regular de forma integrada:

- **La ventilación**, ajustando los caudales en función de la concentración de CO₂ y la humedad relativa.
- **El control solar**, anticipándose a la radiación para prevenir el sobrecalentamiento.
- **La climatización**, mediante un ajuste fino de setpoints y tiempos de funcionamiento.
- **La demanda eléctrica**, favoreciendo el autoconsumo y el aprovechamiento de la producción renovable.

La eficacia de este control no depende únicamente del sistema domótico, sino de su **integración con el resto de las estrategias pasivas y activas del edificio**. El control operativo alcanza su máximo potencial cuando se coordina con:

- La **envolvente térmica**, que reduce la demanda de base
- La **ventilación mecánica controlada (VMC)**
- Los **sistemas de control solar**
- Y las **energías renovables**, especialmente la fotovoltaica

Resultados medidos en edificios de construcción Pasiva:

La experiencia acumulada en edificios de construcción Pasiva monitorizados confirma que la automatización tiene un impacto cuantificable sobre el rendimiento real del edificio. En edificios certificados, la implantación de sistemas de control y monitorización permite:

- Una **reducción del 12–28 % de la energía final**
- Una **reducción del 25–40 % de las horas de sobrecalentamiento**
- Mantener **concentraciones de CO₂ por debajo de 800 ppm durante el 95 % del tiempo**
- Una **mejora del rendimiento del hrv/erv del 8–12 %**
- Un **aumento del autoconsumo solar del 20–30 %**

Estos datos ponen de manifiesto que, en edificios de muy baja demanda, el control operativo no es un complemento accesorio, sino un elemento decisivo para garantizar confort, eficiencia y estabilidad en condiciones reales de uso.

11.4. Recomendaciones técnicas para una implantación eficaz

Para que la domótica contribuya realmente a la eficiencia energética y al confort, debe entenderse como una **infraestructura de control integrada** y no como un añadido tecnológico. La experiencia acumulada en edificios de construcción Pasiva muestra que los mejores resultados se obtienen cuando el sistema se diseña con criterios claros desde el inicio.

Con este enfoque, el Consorcio Passivhaus recomienda:

1. **Integrar la domótica desde el anteproyecto**, como parte de la estrategia energética del edificio.
2. **Utilizar exclusivamente estándares abiertos** (KNX, BACnet, MQTT), que garanticen interoperabilidad y evolución futura.
3. **Evitar soluciones propietarias cerradas**, que limiten la adaptación del sistema con el tiempo.
4. **Instalar sensores de CO₂ en dormitorios y salas de estar**, como base para una ventilación modulada y una buena calidad del aire.
5. **Automatizar el control solar exterior**, clave para prevenir el sobrecalentamiento y reducir la demanda de refrigeración.
6. **Modular la ventilación mecánica**, ajustando caudales en función de CO₂, humedad y ocupación real.
7. **Monitorizar consumos, temperaturas, humedad relativa y producción renovable**, para verificar el comportamiento real del edificio.
8. **Formar al usuario final** y entregar una guía clara de uso del sistema.
9. **Revisar los datos al menos dos veces al año**, detectando desviaciones respecto al diseño.
10. **Integrar clima, ocupación y radiación solar** en la estrategia de control.

Aplicadas de forma conjunta, estas recomendaciones permiten que la automatización refuerce el diseño pasivo, establezca el confort y asegure que el edificio funcione conforme a lo previsto.

11.5. Errores habituales en proyectos reales

En los proyectos analizados, los problemas asociados a la domótica no suelen deberse a la tecnología empleada, sino a decisiones de proyecto, falta de integración y una gestión inadecuada del sistema una vez en uso. Cuando la automatización se plantea como un complemento y no como parte del diseño energético, su potencial se reduce de forma drástica.

Entre los errores más habituales destacan:

- **Incorporar la domótica al final del proyecto**, lo que impide su correcta integración con la envolvente, la ventilación y el control solar.
- **Sensores mal ubicados o mal calibrados**, expuestos al sol, en zonas de paso o sin representatividad real del espacio, lo que genera regulaciones incorrectas.
- **Falta de comunicación entre sombreado y climatización**, provocando situaciones contradictorias (ganancias solares no deseadas y aumento de demanda de refrigeración).
- **Caudales de ventilación fijos**, que ignoran la ocupación real y derivan en exceso de consumo o en una calidad de aire insuficiente.
- **Uso de sistemas propietarios cerrados**, que limitan la interoperabilidad, dificultan ampliaciones y quedan obsoletos prematuramente.
- **Ausencia de formación al usuario final**, que conduce a desactivaciones manuales, usos incorrectos o rechazo del sistema.
- **No registrar ni analizar datos de funcionamiento**, lo que impide detectar desviaciones respecto al diseño y corregirlas a tiempo.

En la práctica, estos errores hacen que edificios con un alto potencial energético funcionen por debajo de lo previsto. Evitarlos requiere integrar la domótica desde el proyecto, coordinar a todos los agentes y considerar el uso real del edificio como parte del diseño.

12. Agradecimientos

La realización de este Manual de la construcción pasiva y eficiente ha sido posible gracias al trabajo conjunto del Consorcio Passivhaus, su Comité Técnico y los numerosos profesionales, empresas y entidades que han colaborado aportando conocimiento, experiencia y visión crítica.

Desde la asociación queremos expresar nuestro agradecimiento a todas las personas que han participado en la elaboración, revisión y validación de los contenidos, contribuyendo a que este Manual de la construcción pasiva y eficiente sea un documento riguroso, práctico y alineado con la realidad del sector de la edificación eficiente en España.

Queremos agradecer de manera especial la cesión de imágenes a las empresas EVOWALL y GEALAN, así como a la sociedad pública NASUVINSA, cuya autoría corresponde a Josema Cutillas.

Este Manual de la construcción pasiva y eficiente es el reflejo de un esfuerzo colectivo y del compromiso compartido con una construcción más eficiente, saludable y sostenible.



Anexo 1. Glosario de términos

- **U (W/m²·K):** transmitancia térmica de un elemento constructivo
- **K (W/m²·K):** transmitancia térmica global del edificio (envolvente completa)
- **Ψ (W/m·K):** coeficiente lineal de puente térmico
- **x (W/K):** coeficiente puntual de puente térmico
- **q_sol;jul (kWh/m²·mes):** indicador de control solar en julio, según CTE DB-HE1
- **n50 (h⁻¹):** tasa de renovación de aire a 50 Pa (hermeticidad)
- **PHPP:** software de cálculo del estándar Passivhaus
- **fRsi:** factor de temperatura superficial interior, usado para evaluar riesgo de moho
- **SFP (Wh/m³):** consumo específico de ventilador en sistemas de ventilación.
- **λ (W/m·K):** conductividad térmica de un material; indica su capacidad para conducir el calor. Cuanto menor es el valor λ, mayor es la capacidad aislante del material.
- **Puente térmico:** zona puntual o lineal de la envolvente donde se produce una discontinuidad del aislamiento o una variación significativa de la resistencia térmica, provocando un aumento local del flujo de calor, descenso de la temperatura superficial interior y riesgo de condensaciones.
- **Ensayo Blower Door:** prueba de presurización y despresurización del edificio realizada mediante un ventilador calibrado instalado en una puerta o ventana, que permite medir la hermeticidad al aire de la envolvente y determinar el valor n50.

Anexo 2. Referencias normativas y bibliografía

- CTE DB-HE/HS (y Guías de aplicación HE 2019) - codigotecnico.org+2codigotecnico.org+2
- DA DB-HE/3 (Puentes térmicos) y DA HE/1 (cálculo de parámetros) - codigotecnico.org+1
- EPBD 2024/1275 (recast) - [EUR-Lex](http://eur-lex.europa.eu)
- UNE-EN ISO 9972 - Prestaciones térmicas de los edificios. Determinación de la permeabilidad al aire de los edificios. Método de presurización con ventilador. (ISO 9972:2015). - une.org
- UNE EN 15232 – Eficiencia energética en edificios. Impacto de los sistemas de automatización y control - une.org
- Ventanas Passivhaus (criterios y guías iPHA/PHI)
[Passive House Internationalcms.passivehouse.com](http://PassiveHouseInternationalcms.passivehouse.com)
- VCRC (criterios PHI y resumen de HS/RITE)
[Passive House Internationalcodigotecnico.orgEcology Transition Ministry](http://PassiveHouseInternationalcodigotecnico.orgEcologyTransitionMinistry)
- HULC (verificación DB-HE 2019, cálculo $K/q_{sol;jul}$, etc.) - codigotecnico.org
- Guía SATE (IDAE) y normas de producto (UNE-EN 13162/3/4) - Idaeune.org
- KNX System Description (arquitectura, interoperabilidad y guía técnica) - knx.org
- ISO 16484 – Building Automation and Control Systems (BACS) - iso.org
- RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios)
Ministerio para la Transición Ecológica - miteco.gob.es
- Passivhaus Institut – Passive House Criteria, PHPP y Componentes Certificados. - passivehouse.com
- IDAE – Recomendaciones para la eficiencia energética en edificios y monitorización inteligente - idae.es

Anexo 3. Plantillas de proyecto

| PRINCIPIO 1 - CHECKLIST DE OBRA PARA AISLAMIENTO TÉRMICO | | |
|---|--|-----------------------------|
| Verificación | | Comprobación en obra |
| 1 | Continuidad tridimensional del aislamiento en toda la envolvente | |
| 2 | Material con DoP/ETA y λ de proyecto verificado | |
| 3 | Espesores definidos por cálculo | |
| 4 | Zócalos y coronaciones correctamente resueltos | |
| 5 | Frentes de forjado tratados | |
| 6 | Huecos con premarcos y vierteaguas con rotura térmica | |
| 7 | Registro fotográfico de ejecución | |

| PRINCIPIO 2 - CHECKLIST DE OBRA PARA PUENTES TÉRMICOS | | |
|--|--|-----------------------------|
| Ítem a verificar | | Comprobación en obra |
| 1 | Frentes de forjado completamente envueltos por el aislamiento | |
| 2 | Balcones y voladizos resueltos con elementos de rotura térmica | |
| 3 | Carpinterías integradas en el plano del aislamiento | |
| 4 | Premarcos aislados y continuidad térmica en jambas y umbrales | |
| 5 | Cajas de persiana térmicamente integradas en la envolvente | |
| 6 | Continuidad del aislamiento en zócalos y coronaciones | |

| PRINCIPIO 3 - CHECKLIST DE OBRA PARA HERMETICIDAD | | |
|--|--|---------------------|
| Ítem a verificar | | Comprobación |
| 1 | Capa hermética continua definida y ejecutada | |
| 2 | Mangas o sellos en todos los pasos de instalaciones | |
| 3 | Cintas interiores y exteriores en perímetros de ventanas | |
| 4 | Ensayo Blower Door intermedio realizado | |
| 5 | Ensayo Blower Door final realizado | |
| 6 | Registro de fugas localizadas y selladas | |

PRINCIPIO 4 - CHECKLIST DE OBRA PARA VENTANAS

| Ítem a verificar | | Comprobación |
|------------------|--|--------------|
| 1 | Uw del conjunto instalado verificado y documentado | |
| 2 | Factor solar (g) coherente con la orientación y el sistema de sombra | |
| 3 | Ventana colocada en el plano del aislamiento | |
| 4 | Premarco aislado y continuidad térmica perimetral | |
| 5 | Sellado interior hermético y sellado exterior estanco y transpirable | |
| 6 | Jambas, alféizares y umbrales correctamente aislados | |
| 7 | Vierteaguas con rotura térmica ejecutados | |
| 8 | Cajón de persiana térmicamente integrado o solución alternativa | |
| 9 | Inspección final de cintas, sellos y fijaciones | |

PRINCIPIO 5 - CHECKLIST DE OBRA PARA VMC

| Ítem a verificar | | Comprobación |
|------------------|--|--------------|
| 1 | Esquema seco/húmedo correctamente trazado | |
| 2 | By-pass estival previsto y accesos a filtros garantizados | |
| 3 | Equilibrado de caudales documentado en acta de puesta en marcha | |
| 4 | Aislamiento de conductos en tramos situados fuera de la envolvente | |
| 5 | Mediciones de ruido realizadas en estancias críticas | |

PRINCIPIO 6 - CHECKLIST DE OBRA PARA CONTROL SOLAR

| Ítem a verificar | | Comprobación |
|------------------|---|--------------|
| 1 | Protecciones exteriores por orientación | |
| 2 | Dimensionado geométrico justificado | |
| 3 | Simulación estival documentada | |
| 4 | Automatización estacional definida | |
| 5 | Detalles de anclaje y mantenimiento previstos | |



CONSORCIO PASSIVHAUS

ASOCIACIÓN
DE LA CONSTRUCCIÓN PASIVA
DE ESPAÑA

**SÚMATE AL FUTURO
DE LA CONSTRUCCIÓN**

¿Qué es CPH?



El **Consortio Passivhaus** es una asociación sin ánimo de lucro que lidera la nueva construcción sostenible. Somos empresas y profesionales a los que nos une el compromiso con una nueva forma de construir, centrada en el derecho que tiene el ser humano a habitar espacios saludables, que consuman de forma eficiente y que sean responsables.

Es construir espacios que contribuyan al bienestar de las personas.

Es situar a las personas en el centro de la construcción.

**¿Es una utopía?
La construcción pasiva es un derecho y juntos lo vamos a hacer realidad.**



Familias de productos



Envolvente térmica opaca



Diseño libre de puentes térmicos



Aislante térmico y acústico



Envolvente térmica transparente



Hermeticidad



Balance energético y confort



Control solar



Ventilación



Asesoramiento y construcción consciente

Nuestros ejes 2026



Ferias

- Participación en ferias del sector.
- Mayor visibilidad.
- Presencia en congresos.
- Contactos de negocios.



Difusión

- Marketing digital, SEO.
- Newsletter externa.
- Creación de contenido.
- Visibilidad empresas.
- Colaboraciones OAS, AECI, Rebuild.
- Contactos Institucionales.



Socios

- Actividades de comunicación y formación interna.
- Jornadas con ponentes que aporten conocimiento.
- Protagonismo de los Comités de Trabajo.
- Acceso al conocimiento.



Publicaciones

Blog de artículos técnicos

Consortio Passivhaus pone a disposición de su comunidad un blog donde se recogen las últimas novedades del sector, información sobre sus empresas asociadas, además de su participación en eventos, foros y encuentros del ámbito de la construcción.



Conoce más en
www.consorciopassivhaus.com/actualidad/

Tour virtual

El **Consortio Passivhaus** ofrece un tour en realidad virtual de su “Tiny House”: una vivienda sostenible tipo pasiva. Este recorrido sirve como escaparate para dar visibilidad a los productos y soluciones de las empresas asociadas, mostrando de forma práctica cómo se combinan los sistemas, materiales y técnicas certificados en una vivienda real.

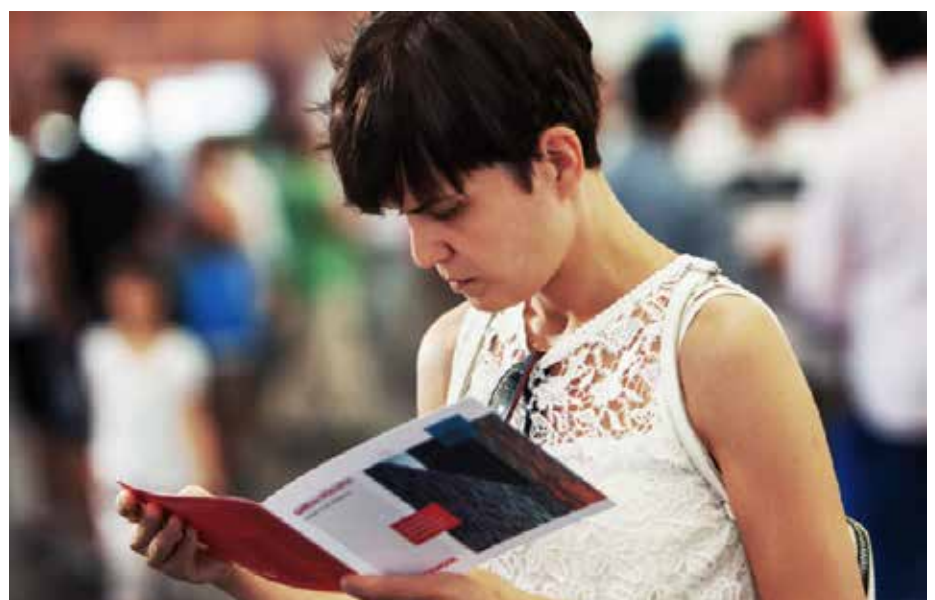


Conoce más en
www.consorciopassivhaus.com/tiny20/

Ferias, foros y encuentros regionales

Consortio Passivhaus es la referencia en España para la construcción pasiva y eficiente.

Organizadores de **Edifica**, feria que ha alcanzado su cuarta edición, tienen entre sus objetivos fomentar el intercambio profesional, difundir las mejores prácticas de edificación sostenible y acercar a empresas, técnicos y sociedad a los estándares **Passivhaus**.



Conoce más en
www.consorcio-passivhaus.com/eventos/

¿Por qué asociarse?

Visibilidad y reputación

Somos líderes en la dinamización del mercado de la edificación y la construcción eficiente.

Asistencia y formación

Ofrecemos asesoría técnica a través de los profesionales en cada materia de nuestras empresas asociadas. Organizamos jornadas y eventos profesionales para la puesta al día de las tendencias del sector.

Sinergias y networking

Conectamos con empresas del sector con un objetivo común: compartir la visión del mercado y futuras tendencias, crear sinergias y estrategias comunes.

Ferias y eventos

Presencia en los principales encuentros del sector, Edifica y en todas las ferias con las que tenemos convenios establecidos como IFEMA y Fira de Barcelona, entre otras.

Difusión profesional

Cobertura nacional a través de nuestra web y canales sociales: Instagram, LinkedIn y YouTube.

Participación en comités

Somos una asociación activa y proactiva que fomenta la participación en diferentes comités:



Técnico

Equipos profesionales técnicos que colaboran en la divulgación de los estándares Passivhaus y ECCN.



Comunicación

Especialistas en marketing para potenciar la marca Consorcio Passivhaus, así como la de sus empresas asociadas.



Edifica

Comité organizador de nuestra feria bienal, de las más importantes de España.



Relaciones institucionales

Relación directa con la Administración para trasladar el desarrollo de un modelo de rehabilitación y una gestión de los fondos que sirva de modelo de crecimiento económico en línea con la rehabilitación eficiente y de calidad.

¿Cómo asociarse a CPH?

Pueden ser miembros de pleno derecho de la asociación las personas físicas o jurídicas que deseen incorporarse, quienes deberán acreditar su experiencia, interés y relación con la actividad de edificación de consumo casi nulo y edificación sostenible.

Empresas asociadas

afandecor
GRUPO

www.fabricadeventanas.es

**DELTA
DORE**
Smart homes, better living

www.deltadore.es

**PASSA
BORTOLO**
CALIDAD PARA LA CONSTRUCCIÓN

www.fassabortolo.es

GRIESSER

www.griesser.es

KNAUF INDUSTRIES

www.knauf-industries.es

Kömmerling®

www.kommerling.es

Onduline®
Sistemas ligeros de cubierta

es.onduline.com

PERSAX
siente el espacio

www.persax.es

A-OK®

a-okmotors.com

e

EVOWALL
TECHNOLOGY

www.evowall.com

GEALAN
INNOVATION MIT SYSTEM

www.gealan.de

ISO
CHEMIE
Use the blue technology.

www.iso-chemie.eu

KNAUF INSULATION

www.knauf.com/es-ES/knauf-insulation

Nasuvinsa
Navarra de Suelo y Vivienda, S.A.

www.nasuvinsa.es

ONHAUS
CONSTRUCTING ZERO AND POSITIVE
SOLUTIONS

www.onhaus.es

zehnder

www.zehnder.es



CONSORCIO PASSIVHAUS

ASOCIACIÓN
DE LA CONSTRUCCIÓN PASIVA
DE ESPAÑA



Consulte el listado de miembros de CPH en:
www.consorciopassivhaus.com/consorcio-passivhaus/



(+34) 602 254 544



info@consorciopassivhaus.com



www.consorciopassivhaus.com



**CONSORCIO
PASSIVHAUS**

ASOCIACIÓN
DE LA **CONSTRUCCIÓN PASIVA**
DE ESPAÑA

CONSORCIOPASSIVHAUS.COM