

Ensayos de hermeticidad en Casas Pasivas

Instrucciones para realizar las mediciones

Los ensayos de hermeticidad en Casas Pasivas se llevan a cabo de acuerdo a la norma EN 13829. En el anexo de la misma, realizado por FLiB (specialists' association for airtightness in building construction), se puede encontrar más información. También se pueden realizar las mediciones de acuerdo a la ISO 9972, pero se debe adaptar el cálculo del volumen.

A continuación se describen las diferencias (no de carácter fundamental), especificaciones y complementos a las normas en relación con el estándar Passivhaus.

1. Comparación de terminología

Las normas EN 13829 e ISO 9972 utilizan diferente terminología en algunos conceptos. Para tener una mejor perspectiva, se comparan los términos más importantes en la siguiente tabla:

	EN 13829	ISO 9972
Volumen de infiltraciones a 50 Pa [m ³ /h]	\dot{V}_{50}	Q ₅₀
Permeabilidad del aire 50 Pa [m ³ /(h·m ²)]	q ₅₀	q _{E50}
Tasa de renovación de aire a 50 Pa [h ⁻¹]	n ₅₀	n ₅₀

Para ensayos de Casas Pasivas, se procederá con el uso de la terminología en base a la norma EN 13829.

2. Cálculo del volumen

El volumen de aire V_{n50} usado para el cálculo de la tasa de renovaciones de aire n₅₀ debe ser establecido y justificado para cada **estancia**. Para ello, el área neta de la estancia debe multiplicarse por la altura libre media de la misma. No se permiten supuestos generales para determinar el volumen interno del recinto (volumen total) mediante el uso de factores de reducción.

por estancia

Nota:

La superficie a usar en estos cálculos es distinta a la superficie de referencia energética SRE. El volumen V_{n50} no es el mismo que el “volumen de aire interior para ventilación”, ni tampoco es el mismo que el volumen de aire de la zona calefactada usado en la hoja del PHPP “Calefacción anual” (se asume una altura libre media de 2.50 m). Por este motivo, el volumen de aire V_{n50}, calculado para el ensayo, debe introducirse en el PHPP.

no SRE

no V_v

sino V_{n50}

Independiente de la fase de ejecución en que se encuentre el edificio, **las dimensiones a usar serán siempre las de los acabados del edificio** (p. ej. nivel superior de suelo acabado). El volumen por encima de falsos techos NO se suma al volumen total de aire calculado. Esto es independiente de si el falso techo ya existe, si está escasamente conectado con el muro o si tiene huecos (techo acústico). No es necesario descontar el volumen ocupado por las capas de mortero del volumen total de aire V_{n50} .

**Dimensiones
finales medidas
a nivel de
acabados**

Cada ensayo de hermeticidad debe ser provisto de un cálculo completo del volumen de aire, de fácil comprensión y detallado por estancias.

Documentación

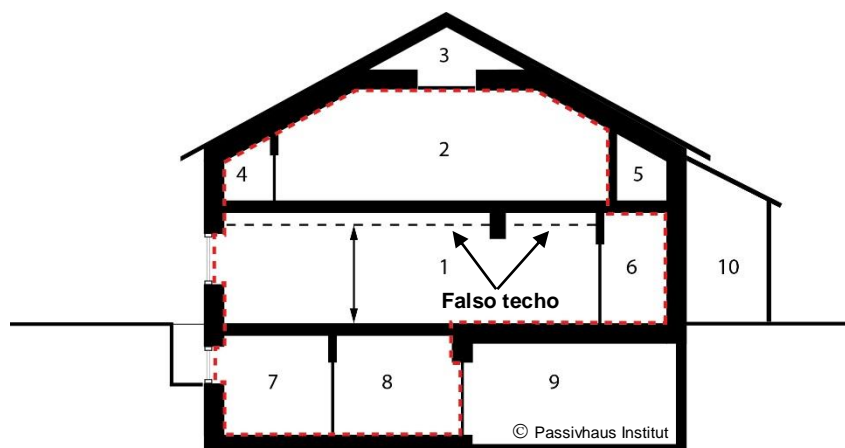
En caso de realizar cálculos auxiliares, éstos también se deberán proporcionar.

Por ejemplo, en el caso de cubiertas inclinadas, los volúmenes de aire se calculan por medio de secciones triangulares o prismáticas. Se pueden considerar factores proporcionales a los recogidos en la siguiente tabla (Figura 1).

Habitación	Largo	Ancho	Superficie	Altura	Factor	Volumen
	[m]	[m]	[m ²]	[m]		[m ³]
PB-011	4.0	5.0	20.0	2.75		55.00
PB-012	3.3	2.75	8.25	2.85		25.86
PB-xyz				
Volumen total PB (planta baja)						80.86
UF-01 (sin inclinaciones)	2.75	5.2	14.3	3.5		50.05
Volumen bajo cubierta inclinada PA 01	2.75	5.2	14.3	1.5	0.5	10.73
PA-02	1.25	2.75	3.44	3.5		12.03
PA-xy				
Volumen total PA (planta alta)						72.81
Volumen total						153.67

Figura 1: Ejemplo de documentación para cálculos del volumen de aire total por estancias.

Por tanto, se tendrá en cuenta el **volumen de aire** total dentro de la envolvente térmica. En la Figura 2 se muestran herramientas especiales para una explicación más detallada.



Habitación	¿Dentro de la envolvente térmica?	Cálculo del volumen
1	Si	Altura libre hasta el falso techo (según superficie de acabado); la viga no se deduce de los cálculos
2	Si	Volumen completo (se tiene en cuenta la inclinación de la cubierta)
3	No	Volumen no tenido en cuenta (fuera de la envolvente)
4	Si	Volumen completo (se tiene en cuenta la inclinación de la cubierta)
5	No	Volumen no tenido en cuenta (fuera de la envolvente)
6	Si	Altura libre hasta el falso techo
7	Si	Sótano: volumen completo
8	Si	Sótano: volumen completo
9	No	Sótano: volumen no tenido en cuenta (fuera de la envolvente)
10	No	Porche/invernadero: volumen no tenido en cuenta (fuera de la envolvente)

Figura 2: Guías para el cálculo del volumen de aire dentro de la capa de hermeticidad del edificio. La línea roja de puntos representa la capa de hermeticidad.

Viguetas, vigas, revestimientos de cartón yeso, instalaciones montadas en pared (si no ocupan toda la altura de la habitación) y similares elementos no se deducen del cálculo. Es como si no existieran (volumen de aire).

Viguetas, vigas, instalaciones montadas en muros.

El volumen de aire de las mochetas interiores de las ventanas (ver Figura 3) tampoco se tiene en cuenta. Se mide desde la superficie interior de la pared. El mismo criterio se emplea en el caso de puertas y otras aberturas.

Remetimientos de ventanas

Estos supuestos se establecen con el propósito de simplificar el cálculo. Cualquier diferencia de volumen derivada de este proceso habitualmente será muy pequeña.

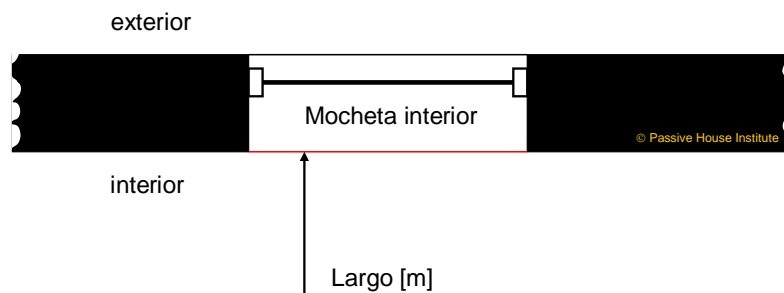


Figura 3: El volumen de la mocheta interior de la ventana **no** se tiene en cuenta en el cálculo del volumen.

Escaleras

El hueco de las escaleras forma parte del volumen de aire a ensayar, por lo que se contabiliza en el cálculo. El espacio ocupado por las escaleras en sí, como elemento constructivo, no se resta del volumen de aire total. Por tanto, se puede multiplicar el área proyectada en planta de la escalera por la altura libre de la sección.

No descontar el volumen del hueco de las escaleras

3. Planificación del ensayo

La hermeticidad del edificio en uso es importante, por lo tanto, es obvio que el ensayo debe realizarse después de la finalización del edificio. Sin embargo, en ese momento todas las instalaciones, pavimentos, revestimientos, etc. ya se habrán terminado y no se podrá tener acceso a muchas conexiones y penetraciones en la capa de hermeticidad de una manera no destructiva. Las infiltraciones a través de la capa estanca ya no se podrían arreglar, lo que no sería práctico.

Por esta razón, será preferible realizar el ensayo tras terminar la ejecución de la capa estanca, será más efectivo (p. ej. instalación de las ventanas, láminas de hermeticidad en la cubierta, etc.). De este modo, se pueden localizar directamente las infiltraciones en la capa estanca y se pueden realizar los trabajos de reparación. En el momento de la medición, solo pueden faltar de manera excepcional algunos componentes constructivos de la envolvente del edificio (p. ej. la puerta de entrada); en cuyo caso, se sellarán temporalmente. Todos los sellados y las preparaciones para el test deben estar recogidos claramente en el informe.

Ensayo justo después de la finalización de la capa de hermeticidad

Después del ensayo, el director de obra debe asegurar que los trabajos restantes posteriores no causen daños en la capa estanca. En caso de que existan dudas fundamentadas, se deberá realizar otro ensayo.

En la mayoría de los casos, un ensayo de hermeticidad es suficiente.

¿Segundo ensayo?

4. Preparación del ensayo

¿Método A o B?

En el PHPP, se analiza el balance energético del edificio durante su uso normal. Por lo tanto, las mediciones de hermeticidad en Casas Pasivas deben realizarse de acuerdo con el Método A. Para Casas Pasivas normalmente no hay diferencia entre el Método A (vivienda en uso) y el Método B (ensayo de la envolvente en fase de obra). En general, las únicas aperturas previstas son las bocas de impulsión y extracción del sistema de ventilación que deben sellarse para el ensayo. En un edificio bajo el estándar Casa Pasiva, las aperturas selladas durante el Método B generalmente están implementadas de manera que se puedan cerrar (por ejemplo, extracción de humo en los huecos de los ascensores). Es importante documentar de forma precisa cada medida de sellado temporal que se realice para el ensayo.

Edificio en uso

Sellado del sistema de ventilación

El sistema de ventilación controlada en edificios residenciales durante el periodo de calefacción debe ser operado de manera ininterrumpida por razones de higiene. Como un sistema de ventilación equilibrado no constituye una fuente de infiltraciones, se puede sellar durante el ensayo (p. ej. usando una balón hinchable). Además, si es posible, también se deben sellar las bocas de aire exterior y de aire de expulsión, para evitar medir las infiltraciones producidas en los conductos del sistema de ventilación y en la unidad.

Edificios residenciales: sellado del sistema de ventilación

En edificios de uso no residencial (escuelas, guarderías, etc.), los sistemas de ventilación no se suelen operar durante la noche ni tampoco durante los fines de semana (funcionamiento intermitente). En estos casos, los sistemas de ventilación deben incluir compuertas herméticas para el cierre de los conductos de aire exterior y aire de expulsión y así prevenir pérdidas térmicas adicionales por los efectos chimenea y fuertes vientos mientras el sistema de ventilación no esté funcionando. En unidades certificadas, las pérdidas térmicas dentro de la unidad de ventilación ya se han tenido en cuenta durante el ensayo del aparato, p. ej. a través del rendimiento del recuperador de calor.

Edificios no residenciales: unidades de ventilación con compuertas herméticas de fábrica

En edificios con funcionamiento intermitente, las compuertas de sellado existentes deben estar cerradas durante la ejecución del ensayo, pero no deben sellarse de manera adicional.

Los ventiladores en funcionamiento durante los meses de verano presentes en el edificio tampoco deben sellarse.

Sellado adicional

El resto de las aperturas (como cerraduras, infiltraciones a través de las ventanas, gateras, etc.), existentes en la envolvente térmica no se sellarán para el ensayo. Elementos problemáticos como una chimenea abierta o una caldera no estanca etc., no se pueden usar en una Casa Pasiva como regla general.

Las únicas excepciones podrían ser un sellado temporal de componentes pendientes de instalación, que afectarán a la hermeticidad (elementos pendientes de instalación p. ej. alfeizar, sifón en tuberías de saneamiento). Se debe llevar un registro preciso de todos estos sellados.

El objetivo es obtener resultados realistas que reflejen la hermeticidad del edificio en uso, y no crear una situación mejorada artificialmente.

No sellado adicional

Excepción: Componentes pendientes de instalación

Edificio en uso

Mediciones bajo condiciones de sobrepresión y depresión

Al contrario que en las normas EN 13829 e ISO 9972, para ensayos de estanqueidad en Casas Pasivas se deberán ejecutar mediciones bajo condiciones de sobrepresión y también de depresión. De esta manera, la fiabilidad de los resultados medidos se verá mejorada con un esfuerzo extra mínimo. Finalmente la tasa de renovación de aire del edificio se determinará como un valor medio entre los resultados de presiones negativas y positivas.

Mediciones bajo condiciones de sobrepresión y depresión

5. Características especiales de los edificios grandes (q_{50} -value)

En edificios grandes es necesario un cálculo adicional de la tasa de renovación de aire en referencia a la superficie de la envolvente térmica (q_{50} -value). El valor n_{50} por sí mismo ya no es significativo debido a su mayor compacidad A/V (relación área/volumen).

Por lo tanto, en el caso de edificios grandes se recomienda también calcular la superficie exterior envolvente del edificio de acuerdo a la EN 13829 o a su homóloga ISO 9972.

Superficie exterior

Se definen los edificios grandes como aquellos con un volumen de aire $V_{n50} \geq 1500 \text{ m}^3$

$\geq 1500 \text{ m}^3$

Para edificios de tales dimensiones, los valores n_{50} y q_{50} , deberán ser indicados en los informes de resultados de los ensayos.

Valores solicitados: n_{50} y q_{50}

Instrucciones sobre el procedimiento para calcular la superficie envolvente de acuerdo a la EN 13829 y ISO 9972:

La superficie de la envolvente a tener en cuenta es la superficie total de todas las losas, muros y techos que cierran el volumen considerado en el ensayo (se incluyen los muros y losas bajo rasante). Se mide a dimensiones interiores y las superficies de los muros interiores que se cruzan no se restan. Ver Figura 4.

Al contrario que lo establecido en las EN 13829 e ISO 9972, la **superficie de la envolvente térmica usada en PHPP** puede usarse como **simplificación**. El uso de dimensiones exteriores introducidas en el PHPP solo conlleva pequeñas diferencias.

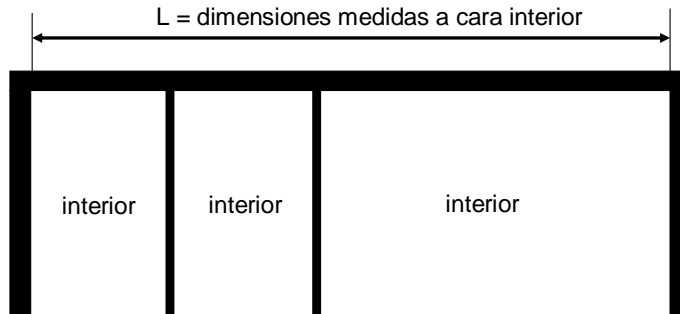


Figura 4: Dimensiones medidas a cara interior para cálculo de la superficie de envolvente (de acuerdo a EN 13829).

En viviendas adosadas, los muros divisorios del edificio también cuentan como superficie de envolvente. En edificios plurifamiliares, esto solo se aplica en las losas, paredes y techos colindantes entre distintas viviendas. Estas superficies solo se tendrán en cuenta si cada unidad se ensaya individualmente.

Viviendas adosadas y edificios plurifamiliares

Valor de referencia recomendado para el requerimiento q_{50}

Para la certificación de edificios de Casas Pasivas, se ha establecido un valor límite de la tasa de renovación de aire n_{50} menor o igual a 0.6 h^{-1} (ver criterios en www.passivehouse.com).

Los requisitos para la superficie envolvente de edificios pequeños se pueden usar como referencia para edificios grandes ($\geq 1500 \text{ m}^3$), resultando un valor de:

$$q_{50} \leq 0.6 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$$

Valor de referencia q_{50}

Numerosos ensayos en edificios grandes y muy grandes han demostrado que este valor de referencia e incluso valores más bajos se pueden alcanzar con la aplicación de un concepto de hermeticidad adecuado. Para edificios de otros usos (p. ej. piscinas) se podrán aplicar otros requerimientos.

Nota: En edificios más pequeños, pueden ser necesarias medidas más meticulosas que aseguren el cumplimiento del requisito $n_{50} < 0.6 \text{ h}^{-1}$. El cumplimiento del criterio q_{50} por sí mismo no es suficiente.

El valor q_{50} por sí mismo no es suficiente