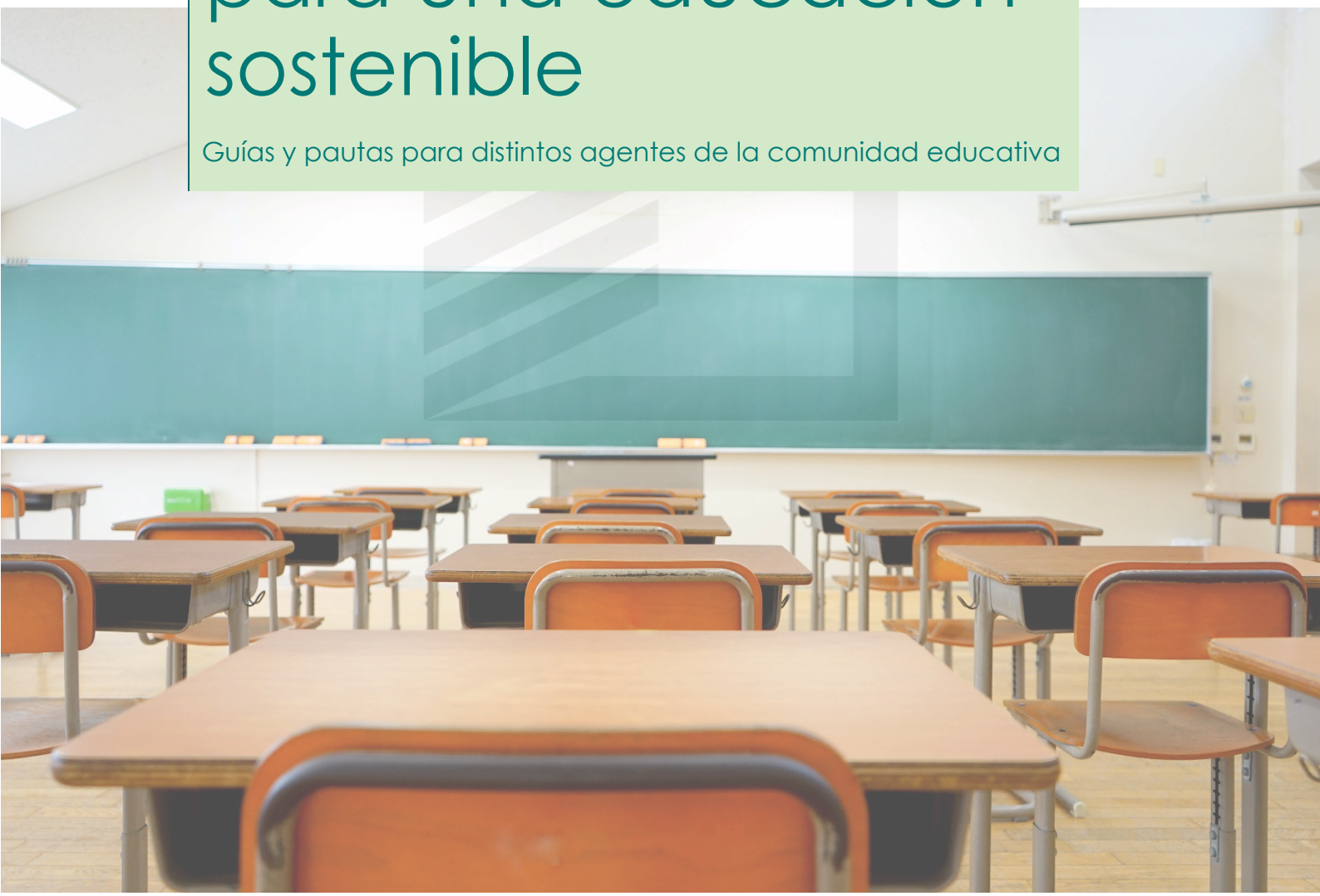
Rehabilitación eficiente de colegios para una educación sostenible

Guías y pautas para distintos agentes de la comunidad educativa



PLATAFORMA EDIFICACIÓN
PASSIVHAUS

febrero de 2021

REHABILITACIÓN EFICIENTE DE COLEGIOS PARA UNA EDUCACIÓN SOSTENIBLE

GUÍAS Y PAUTAS PARA DISTINTOS AGENTES DE LA COMUNIDAD EDUCATIVA

ÍNDICE

LOS ANTECEDENTES 3
El estudio de monitorización de colegios 3
La rehabilitación EnerPHit 7
La rehabilitación integral por fases. 7
¿QUÉ PARTIDAS DEBE TENER UN PROYECTO PASSIVHAUS? 9
Ejemplos de partidas de los principios Passivhaus en proyectos de ejecución 10
Aislamiento térmico: 10
Puentes térmicos: 11
Hermeticidad: 11
Ventanas de altas prestaciones: 12
Ventilación mecánica (de doble flujo) con recuperador de calor: 13
Certificación instituto Passivhaus: 14
HABLEMOS DE LA VENTILACIÓN 15
LEYENDAS URBANAS DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA CON RECUPERACIÓN DE CALOR 15
¿Y LOS PURIFICADORES DE AIRE? 23
¿CÓMO ES UN SISTEMA DE VENTILACIÓN? 24
HACIENDO NÚMEROS 26
SOY UN AMPA (o usuario de estos edificios) 29
SOY UNA ADMINISTRACIÓN / UN REGULADOR 30

LOS ANTECEDENTES

El estudio de monitorización de colegios

INTRODUCCIÓN

Es un proyecto abordado por la Plataforma PEP para la monitorización de las condiciones higrotérmicas reales de las aulas en nuestro país.

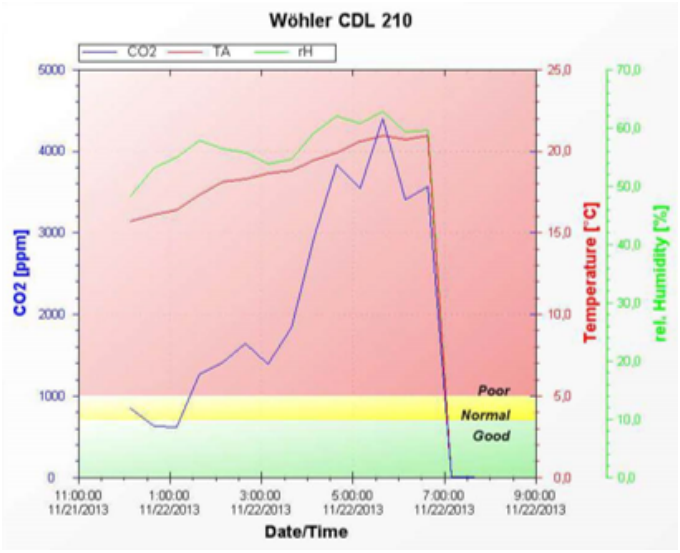
Es una característica común en edificaciones bajo estándar Passivhaus que éstas se monitoricen una vez se encuentran en fase de uso para contrastar los resultados obtenidos en fase de proyecto o cálculo con el comportamiento real del edificio.

No es habitual por el contrario que se comprueben estas circunstancias en edificios existentes o en edificios que se limitan a cumplir con el CTE vigente. Es por ello por lo que el afán de monitorización se extiende naturalmente a edificios que no cumplen el estándar Passivhaus a fin de conocer cuál es el comportamiento real del edificio.

Como resultado de estas monitorizaciones, a veces puntuales y a veces de manera más formal y en períodos largos de tiempo, se venía observando y ratificando lo que se presuponía: los edificios bajo estándar Passivhaus mantienen las condiciones interiores de confort perfectamente (temperatura, humedad relativa y calidad del aire), en muchos de los casos sin aporte activo de ningún tipo de sistema de climatización, mientras que los edificios que no cumplen el estándar tienen dificultades para mantenerse en rangos adecuados, incluso con el aporte de sistemas activos de climatización.

Es decir, estas monitorizaciones confirman que los edificios Passivhaus mantienen constantemente rangos de confort interior en los tres indicadores principales, a saber: temperaturas interiores en el rango de 20ºC(invierno) a 25ºC(verano), humedades relativas interiores en rangos 40% a 60% y concentraciones de CO2 en el ambiente interior inferiores a 1.000ppm[1].

Entre tanto, las labores divulgativas de PEP continuaban en los tres ámbitos (social, técnico e institucional) y entre los mensajes de PEP siempre ha estado considerar como tipología edificatoria prioritaria para rehabilitar o edificar bajo el estándar la de los colegios y centros educativos en general, por albergar una población más vulnerable que la media.



[1] Concentración de CO2 en ppm (partes por millón)

Mientras que muchos socios de PEP venían analizando de manera aislada las condiciones de los centros educativos de sus hijos con resultados similares, entre ellas una monitorización puntual en un aula de 17 alumnos de 2º Bachillerato en el mes de noviembre de 2015 en Vitoria vino a ratificar de nuevo que las condiciones interiores no eran adecuadas. Estas monitorizaciones eran escasas y aisladas, por lo que se decidió acometer de manera más estructurada y general un estudio de confort interior en los centros educativos de nuestro país.

Esto supuso la puesta en marcha del proyecto de monitorización de colegios.

FASE I

Los resultados de esta monitorización puntual se mostraron en la Asamblea Anual de PEP junto con la propuesta para realizar una ambiciosa monitorización en colegios de toda España, la cual fue aprobada por los socios y puesta en marcha a partir de ese momento.

La logística del proyecto se definió de la siguiente forma: PEP financiaría con fondos propios la construcción y entrega de los equipos de monitorización necesarios, los propios socios voluntarios de PEP ofrecerían sus contactos personales y se encargarían de la comunicación con los centros, y la Universidad de Burgos recopilaría los datos monitorizados y analizaría los resultados.

Para ello, se formalizó un convenio de colaboración con la UBU (Universidad de Burgos), y se solicitaron los correspondientes permisos a los centros voluntarios.

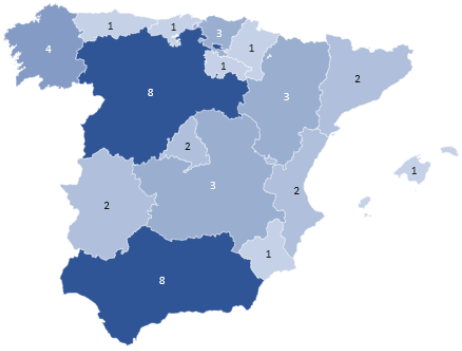
Como resultado, tenemos el mayor estudio de estas características realizado en España hasta la fecha.

¿DÓNDE?

El objetivo de PEP era monitorizar un colegio en cada capital de provincia, a excepción de Madrid, Barcelona y Sevilla, en los que se buscaba dos colegios.

Por motivos lógicos, se garantiza el anonimato de los centros educativos que se han prestado amablemente a las monitorizaciones, puesto que el objetivo del proyecto es poner la lupa sobre situaciones comunes en una tipología edificatoria, no sobre determinados casos concretos.

Se instalaron equipos de monitorización en un total de 43 centros educativos. La elección de los centros educativos fue totalmente aleatoria puesto que estos fueron voluntarios que se presentaron de toda la geografía española hasta completar la disponibilidad, dentro del alcance de PEP.



Estos centros educativos forman una muestra heterogénea y representativa de la realidad dentro de una misma tipología edificatoria, terciario con uso educacional, encontrando centros dedicados a enseñanza primaria y a educación secundaria, centros antiguos con más de 40 años (algunos, incluso edificios históricos) y nuevos con menos de 10 años, centros con rehabilitaciones recientes o en estado de origen, de titularidad

pública y de titularidad concertada, superficies construidas inferiores a 1.000m^2 y superiores a 15.000m^2.

¿QUÉ?

El sistema de análisis de cada colegio lo forman dos equipos, uno exterior que monitorizó condiciones de temperatura del aire, humedad relativa del aire y partes por millón de CO2 del aire, y un equipo exterior que monitorizó condiciones de temperatura del aire exterior y temperatura superficial exterior.



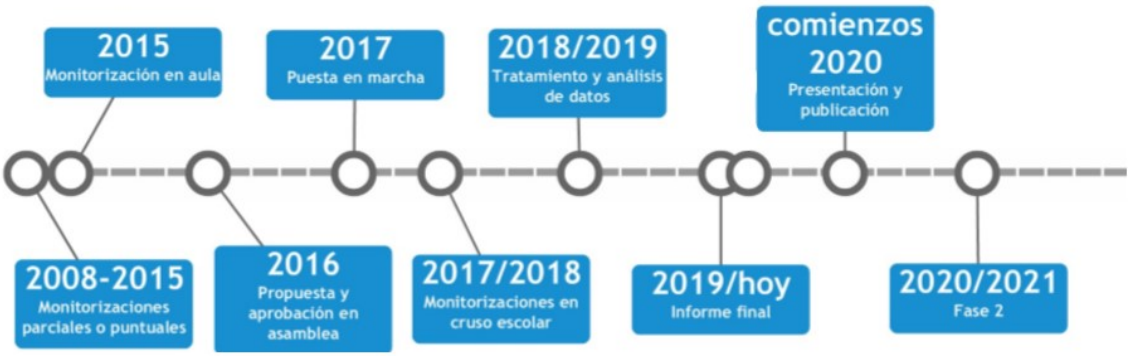
Ambos equipos recogieron datos cada 10 minutos y se almacenaron en la plataforma online “thingspeak”, además de almacenarlo en una memoria SD interna. Además de estos datos, también se adquirieron datos climáticos de cada zona a la agencia AEMET para depurar resultados.

¿CUÁNDO?

El proyecto se puso en marcha al comienzo del año 2017, con todos los preparativos necesarios de coordinación y de equipos necesarios.

Las monitorizaciones se realizaron durante el curso escolar 2017/2018.

Los resultados se analizaron durante la recogida de datos y posteriormente a la finalización del curso escolar, hasta mediados del año 2019.



¿CUÁNTO?

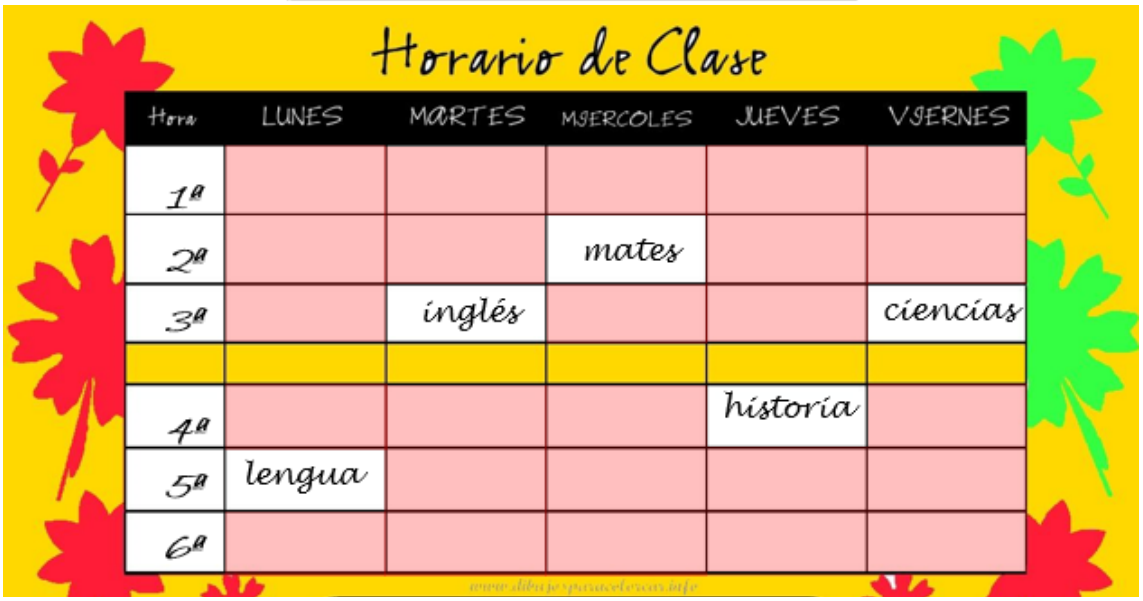
Como resultado de las monitorizaciones iniciales en 43 colegios repartidos por toda la geografía española, **se validaron 36 de ellas aportando 708.375 parámetros**. En los centros educativos a los que corresponden los datos **estudian más de 20.000 alumnos** (además de los docentes y personal que en ellos trabaja). La superficie construida de los colegios participantes suma 235.762m^2.

RESULTADO

Atendiendo únicamente a las condiciones higrotérmicas, temperatura y humedad, los colegios españoles mantienen los rangos adecuados el 68,06%, lo cual parece un valor relativamente alto.

Por su parte, si valoramos únicamente el tiempo en rango adecuado de confort en cuanto a calidad de aire, es decir, con una concentración de CO_2 inferior a 1.000ppm, este valor se reduce hasta el 32,40%, lo cual ya es muy bajo.

Si analizamos todas las variables de manera conjunta, tenemos como resultado que únicamente se mantienen las condiciones adecuadas de confort interior en el 16,16% del tiempo. **Es decir, que durante el 83,84% del tiempo las condiciones interiores de las aulas españolas no reúnen las condiciones adecuadas de confort. Esto equivale a 5 de cada 6 horas.**



La rehabilitación EnerPHit

¿Qué es?

Es la adaptación del estándar de obra nueva Passivhaus a los casos de rehabilitación de edificios. Existen dos vías de aplicación del estándar EnerPHit: por Demandas (prestacional); o por Componentes (prescriptivo). Ambos se pueden ejecutar de manera escalonada, mediante la certificación EnerPHit *paso a paso*.

¿Cómo funciona?

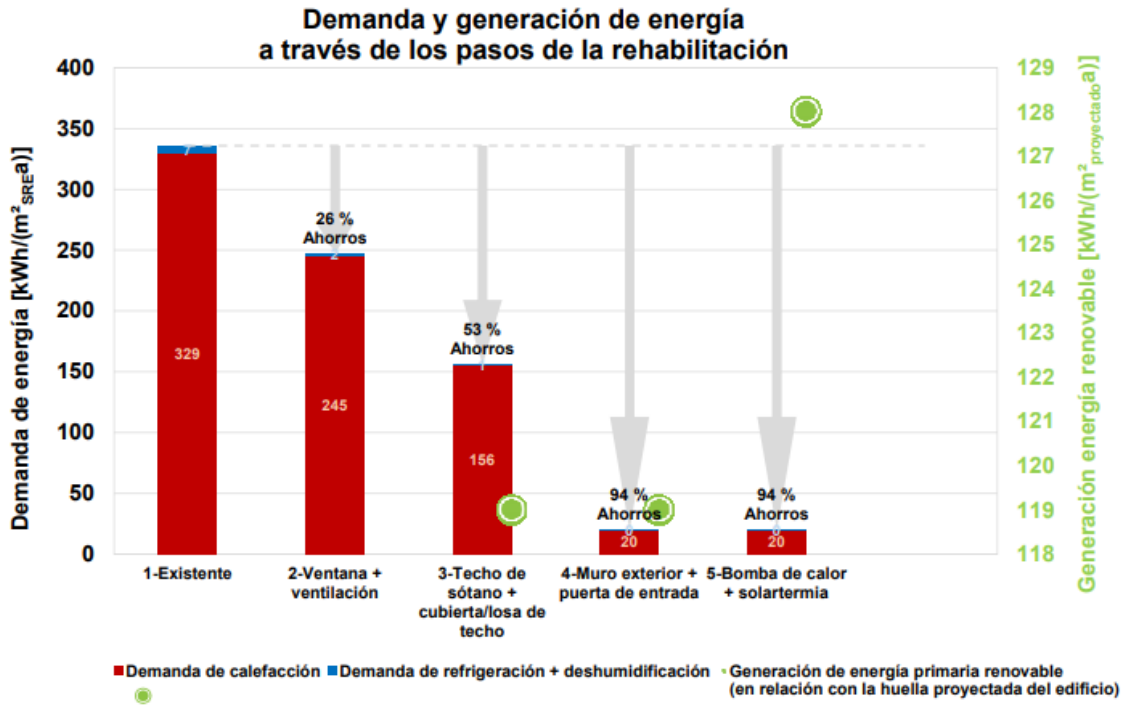
Por Demandas: los requisitos prestacionales de EnerPHit por Demandas son similares, pero algo menos estrictos que para obra nueva, debido a que, en rehabilitación, partimos con determinados condicionantes que a veces no pueden ser modificados. El valor máximo de la hermeticidad al paso de aire es N50 ≤ 1,0 ren/h (en lugar de 0,6), y el consumo de energía primeria renovable ≤ 60 kWh/m^2·a + un factor variable según el edificio.

Por Componentes: una vía menos exigente que la de las Demandas, recomendado para casos de edificaciones con elementos protegidos, por ejemplo, en donde la instalación de los aislamientos tiene que ser por el interior. Los distintos elementos constructivos (solera, muros de fachada, cubierta, ventanas) tienen que cumplir con transmitancias térmicas máximas. La incidencia de radiación solar en los huecos no puede superar los 100 kWh/m2·a, y las exigencias de hermeticidad al aire y consumo de energía primaria renovable son las mismas que por Demandas.

Paso a paso: se elabora un proyecto de rehabilitación integral que puede ser desarrollado por fases, en las que se establezcan los plazos para realizar cada actuación estudiando su impacto en la mejora de la eficiencia energética y el coste económico, así como su amortización. La rehabilitación EnerPHit paso a paso puede ser mediante Demandas o Componentes.

La rehabilitación integral por fases.

En este sentido, deberán primar las rehabilitaciones integrales de edificios en vez de acometer rehabilitaciones energéticas parciales o reformas individuales en cada vivienda particular. Sin embargo, esta rehabilitación energética integral no necesariamente tiene que ser acometida de una sola vez. Por ello, el estándar Passivhaus también contempla una metodología de trabajo de rehabilitación **EnerPHit paso a paso en la que se elabora un proyecto de rehabilitación integral que puede ser desarrollado por fases, en las que se establezcan los plazos para realizar cada actuación estudiando su impacto en la mejora de la eficiencia energética y el coste económico, así como su amortización, de tal forma que se asegura la ejecución de aquello que es técnicamente viable y económicamente amortizable**, evitando posibles patologías provocadas por rehabilitaciones parciales.



Costes de inversión y mantenimiento

Fuente del archivo: 'PHPP_V9.6a_ES_Ejemplo_Variantes.xlsm' (Versión PHPP9.6a)

Plan de Rehabilitación EnerPHit:Casa Pasiva Ejemplo, Ciudad Ejemplo, DE-Alemania

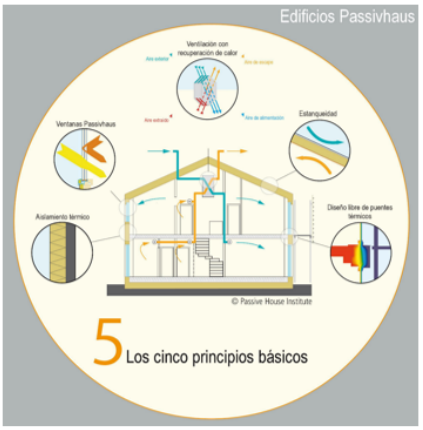
	Paso de la rehabilitación Nº	1-Existente	2-Ventana + ventilación	3-Techo de sótano + cubierta/losa de techo	4-Muro exterior + puerta de entrada	5-Bomba de calor + solartermia	
	Año	2016	2017	2025	2035	2040	
a	Ocasión ("medida a llevar a cabo de todos modos")		Nuevas ventanas	ninguna	Nuevo revestimiento	Nueva caldera	
	Costes de inversión		11.180 €	0 €	6.440 €	12.000 €	
	Costes de mantenimiento		0 €	0 €	0 €	320 €	
	Medida de ahorro energético		Ventanas Passive House	Aislamiento en techo de sótano	Aislamiento del muro exterior	Bomba de calor	
	Costes de inversión		16.770 €	2.160 €	23.920 €	16.000 €	
	Soporte financiero (valor presente)		1.677 €	216 €	2.392 €	1.600 €	
	Costes de mantenimiento		0 €	0 €	0 €	100 €	
	Vida útil [años]		40	50	50	20	
	Anualidad (solo relacionada con la energía)	0 €	143 €	62 €	478 €	-74 €	0 €
b	Ocasión ("medida a llevar a cabo de todos modos")		Sistema de expulsión de aire	Nueva cobertura de cubierta/losa de techo	Nueva puerta de entrada	Nuevo tanque de almacenamiento de agua caliente	
	Costes de inversión		4.680 €	5.810 €	1.000 €	1.000 €	
	Costes de mantenimiento		50 €	0 €	0 €	0 €	
	Medida de ahorro energético		Sistema de ventilación con recuperador de calor	Aislamiento en cubierta/losa de techo	Puerta Passive House	Sistema solar térmico + tanque de almacenamiento estratificado	
	Costes de inversión		8.580 €	11.620 €	1.600 €	7.500 €	
	Soporte financiero (valor presente)		858 €	1.162 €	160 €	750 €	
	Costes de mantenimiento		100 €	0 €	0 €	70 €	
	Vida útil [años]		30	50	40	20	
	Anualidad (solo relacionada con la energía)	0 €	185 €	147 €	16 €	421 €	0 €
c	Ocasión ("medida a llevar a cabo de todos modos")			Nueva cobertura de cubierta/losa de techo			
	Costes de inversión			0 €			
	Costes de mantenimiento			1.500 €			
	Medida de ahorro energético			Sistema fotovoltaico			
	Costes de inversión			28.200 €			
	Soporte financiero (valor presente)			2.820 €			
	Costes de mantenimiento			20 €			
	Vida útil [años]			20			
	Anualidad (solo relacionada con la energía)	0 €	0 €	69 €	0 €	0 €	0 €
	Costes total de inversión (interes anual + pagos) [€/a]						
	Total (incluidos los pasos previos)	0 €	994 €	2.956 €	3.691 €	5.152 €	5.152 €
	Relacionados con la energía (por paso)	0 €	328 €	606 €	1.100 €	1.448 €	1.448 €
	Condiciones marco: Tasa de interés e inflacción	Tipo de interés nominal 3,0%		Inflacción 1,0%		Tipo de interés real 2,0%	
	Precio de la energía medio &durante la vida de servicio):	Electricidad 0,25 €		Gas natural / petróleo 0,09 €		Leña 0,07 €	

Por poner un ejemplo, es común la promoción y publicación de medidas de ayuda para la sustitución de equipos térmicos y calderas por otros más eficientes. Puede darse la situación de que dentro de un plan integrado de actuación la sustitución de equipos térmicos o calderas se deban postponer una fase posterior, ya que en función de las actuaciones que le precedan, estos equipos deban ser redimensionados a la baja, de tal forma que si se realizara a la inversa podríamos encontrarnos con equipos sobredimensionados recientemente actualizados a la hora de finalizar una rehabilitación integral.

¿QUÉ PARTIDAS DEBE TENER UN PROYECTO PASSIVHAUS?

Para alcanzar las prestaciones que marca el estándar, se debe trabajar de manera coordinada y conjunta unos principios básicos de la edificación, en concreto:

- **Diseño bioclimático:** un buen diseño de partida (en obra nueva) o un estudio detallado de las opciones disponibles (en rehabilitación), teniendo en cuenta factores como orientación, compacidad del edificio, protección solar, etc…
- **Aislamiento térmico**: generalmente utilizamos mayores espesores de aislamiento térmico que los indicados por la normativa, ya que protege del calor y del frío por lo que reduce la demanda de energía y el riesgo de aparición de patologías tanto en invierno como en verano.
- **Ausencia de puentes térmicos**: un diseño cuidado que garantice la continuidad del aislamiento en todos los puntos de la envolvente del edificio, de manera que no existan puentes térmicos, o lo que es lo mismo, puntos débiles por donde perder energía.
- **Hermeticidad**: de la envolvente térmica, limitada y controlada mediante ensayo normalizado frente a filtraciones de aire no deseadas entre el interior y el exterior por donde se perdería gran cantidad de energía de climatización. Además, elimina las corrientes interiores de aire y la propagación de ruido en el aire desde el exterior al interior.
- **Ventanas de altas prestaciones**: las carpinterías deben ser de altas prestaciones, empleando generalmente vidrios triples, con gases bajo emisivos en sus cámaras, así como marcos y perfiles aislantes. Además de la alta calidad del componente también un cuidado diseño y posición para aprovechar la energía solar cuando la necesita el edificio (invierno) y protegerse de ella cuando no (verano), así como una correcta ejecución de su instalación en la obra.
- **Ventilación mecánica con recuperador de calor**: Es el pulmón de los edificios pasivos. Permite ventilar de manera continua el interior de los edificios sin perder la energía (temperatura) que éstos tienen. En este intercambio de aire con el exterior, además de recuperar la energía del interior, se filtran todas las impurezas y patógenos que pueda contener tanto el aire interior como el exterior, disfrutando siempre de una alta calidad de aire interior.



0. Diseño bioclimático
1. Aislamiento.
2. Ausencia puentes térmicos.
3. Hermeticidad.
4. Ventanas de altas prestaciones.
5. Ventilación mecánica con recuperador de calor.

Incidencia en:

-Reducción de la demanda

-Aumento de la calidad constructiva

-Gran CONFORT

La existencia de todas las partidas anteriores no garantiza las prestaciones de un edificio pasivo.

Podríamos decir que son los ingredientes, pero no la receta.

Un técnico cualificado analizará el edificio, el entorno y calculará la mejor combinación de todas ellas de modo y manera que con la mínima inversión consigamos las máximas prestaciones.

Ejemplos de partidas de los principios Passivhaus en proyectos de ejecución

Aislamiento térmico:

El aislamiento térmico de la envolvente de los edificios es una parte fundamental, ya que sirve para protegernos tanto del frío como del calor. Generalmente los espesores de aislamiento en edificios Passivhaus son superiores a los que marca la normativa nacional, pero en todo caso **deben ser calculados por un técnico cualificado** en base a los criterios del estándar. **En función del tipo de edificio, su ubicación, su porcentaje de huecos, uso, nivel de sombreamiento, etc. se ajustará el nivel de aislamiento al óptimo necesario.**

No existe ningún tipo de restricción a la hora del tipo de material, natural o artificial, orgánico o mineral… pudiendo ser corcho, fibra de madera, aislamientos de celulosa, EPS, XPS, Lana de roca, fibra de vidrio, hormigón celular, etc…

Tampoco existen restricciones en cuanto a la posición del aislamiento pudiendo ser exterior, interior, o una combinación de ambos.

Si es importante que se incluyan partidas de aislamiento relativas a fachadas exteriores, cerramientos en contacto con espacios no habitables, cubiertas, y soleras o techo de sótano cuando sea posible.

Como componentes y sistemas, los específicos de aislamiento pueden contar con certificación del Passive House Institute aunque no es obligatorio. La certificación del componente o sistema, de manera general, no incluye la certificación de componentes adyacentes, ni la correcta colocación en obra, entre otros.

Ejemplos de partidas relativas a aislamiento pueden ser:

SISTEMA DE AISLAMIENTO TÉRMICO DE FACHADA. (material XX, espesor XX)

Sistema de aislamiento térmico para fachadas para colocar en soporte de muro existente. Generalmente será exterior, pero puede ser también interior o combinación de ambas. *Debe hacer mención como mínimo al tipo de material, al espesor, a la conductividad del material, al tipo de fijación, a las piezas y materiales auxiliares necesarios y a la terminación y acabados del sistema completo*

AISLAMIENTO DE CUBIERTA. (tipo de cubierta, material XX, espesor XX)

Aislamiento en cubierta existente, bien sea plana o inclinada, colocado por el exterior, por el interior, o una combinación de ambas.
Debe hacer mención como mínimo al tipo de material, al espesor, a la conductividad del material, al tipo de fijación y a las piezas y materiales auxiliares necesarios

AISLAMIENTO DE SOLERA O PLANTA SÓTANO (material XX, espesor XX)

Sólo cuando sea posible y las condiciones existentes los permitan, se recomienda incluir aislamiento en los techos de planta sótano o sobre la solera de planta baja o sótano según corresponda.
Debe hacer mención como mínimo al tipo de material, al espesor, a la conductividad del material, al tipo de fijación y a las piezas y materiales auxiliares necesarios

Puentes térmicos:

Passivhaus, como estándar de construcción de alta eficiencia energética se preocupa mucho de la eliminación/reducción de los puentes térmicos, los cuales son puntos de interrupción o disminución del aislamiento, cambios de geometría, encuentros de materiales, etc…

Los puentes térmicos se evitan realizando un buen diseño de la rehabilitación, procurando garantizar la continuidad y el espesor de aislamiento en toda la envolvente del edificio. Obviamente, esto resulta complicado en todos los puntos del edificio, por lo que se estudia y calcula cada uno de estos puntos, tratando de minimizarlo hasta el punto de ser despreciable o bien teniendo en cuenta su peso para el balance energético del edificio rehabilitado.

En edificios con altos niveles de aislamiento o componentes de altas prestaciones los puentes térmicos tienen un mayor peso en las pérdidas de energía y pueden ocasionar a su vez patologías constructivas.

En general no son necesarias partidas específicas para puentes térmicos, ya que es un concepto más integrado en el diseño y planificación, aunque sí existen partidas específicas para rotura de puentes térmicos. **Sí que se requiere de un alto nivel de detalles constructivos de la envolvente térmica del edificio en todos sus puntos singulares. Ello minimizará sensiblemente el nivel de pérdidas energéticas y/o patologías a través de los puentes térmicos.**

Como componentes, los productos específicos de rotura de puente térmico pueden contar con certificación del Passive House Institute aunque no es obligatorio. La certificación del componente, de manera general, no incluye la certificación de componentes adyacentes, ni la correcta colocación en obra, entre otros.

Ejemplo de partidas relativas a eliminación de puentes térmicos puede ser:

> **ANCLAJE-SOPORTE ELIMINACIÓN DE PUENTE TÉRMICO. (material XX, espesor XX)**
>
> Cuando existan elementos de la envolvente que necesiten piezas especiales para minimización/eliminación de puente térmico para su anclaje o soporte.
> *Debe hacer mención como mínimo al tipo de material, su conductividad, espesor, dimensiones, y resistencia mecánica*

Hermeticidad:

Este concepto se refiere a la hermeticidad de la envolvente térmica, de tal forma que no existan puntos no controlados que produzcan la infiltración o exfiltración de aire entre los ambientes interior y exterior. Una envolvente hermética evita pérdidas energéticas por aire, así como posibles patologías por humedad contenida en ese aire.

En un edificio razonablemente aislado no cuidar la hermeticidad y la ventilación mecánica con recuperación puede suponer olvidarnos de entre el 40 y el 50% de la demanda de energía del edificio, así como de una parte muy importante del confort y la calidad ambiental interior

De nuevo, en este concepto tiene un gran peso un adecuado diseño y previsión. Resultan necesarios detalles constructivos específicos que resuelvan adecuadamente toda la hermeticidad del edificio sobre todo en los encuentros críticos (carpinterías, arranques, encuentros con estructura, etc.)

Materiales para la hermeticidad pueden ser, por ejemplo: tendidos de yeso (a partir de 1,5cm de espesor); hormigón (a partir de 5cm de espesor); algunos tableros de madera (consultar siempre

con un técnico especializado); láminas específicas, cintas de sellado, selladores específicos, tapones específicos…

Como componentes, los productos y sistemas específicos de Passivhaus pueden contar con certificación del Passive House Institute aunque no es obligatorio. La certificación del componente, de manera general, no incluye la certificación de componentes adyacentes, ni la correcta colocación en obra, entre otros.

También resulta muy importante una estrecha vigilancia para una correcta ejecución en obra. No olvidemos que, por desgracia, los edificios no se comportan tal y como han sido diseñados, en gran parte por una falta de control de la hermeticidad.

Todo lo que no es medir es opinar.

Es por ello que la comprobación de la hermeticidad se realiza mediante ensayo en obra, Blower Door Test, según UNE EN 13829, y debe aparecer en el presupuesto de la obra también.

Ejemplos de partidas de hermeticidad pueden ser:

LÁMINA DE HERMETICIDAD. (material XX, espesor XX, valor Sd XX)

Cuando la línea hermética se ejecute con lámina deberá aparecer esta partida
Debe hacer mención como mínimo al material, el valor Sd, el espesor, materiales auxiliares necesarios como masillas, selladores o cintas, y método de colocación

YESO EN PARAMENTOS PARA HERMETICIDAD

Cuando la hermeticidad se ejecute con capa de yeso deberá aparecer esta partida. Puede coincidir o no son la capa de guarnecido y enlucido de yeso, según se haya diseñado la ejecución.
Debe hacer mención como mínimo al espesor (>1,5cm), al modo de ejecucicón y a los materiales auxiliares necesarios para su ejecución

CONTROL DE CALIDAD DE HERMETICIDAD. ENSAYO BLOWER DOOR.

Ensayo de hermeticidad según norma UNE 13829, para comprobación de el valor igual o menor a 0,6 renovaciones/hora sometiendo el edificio a presión/depresión de 50 Pa para valores Passivhaus (o menor o igual a 1,0 renovaciones/hora sometido el edificio a presión/depresión de 50Pa para valores EnerPHit).
Debe hacer mención como mínimo a la normativa UNE 13829, al método de ensayo, a la identificación de puntos mal ejecutados, emisión de informe por empresa homologada y el número de ensayos incluidos
Por lo general se deben realizar al menos dos ensayos, uno durante la ejecución de obra y otro al finalizar la obra, que otorga el valor válido para la certificación Passivhaus

Ventanas de altas prestaciones:

Un punto clave de los proyectos Passivhaus, puesto que las carpinterías son el punto más débil de la envolvente térmica, de ahí su gran importancia, tanto en lo relativo a sus prestaciones como en lo relativo a su colocación.

Las carpinterías pueden ser de cualquier material siempre y cuando cumplan las prestaciones térmicas necesarias, madera, madera-aluminio, PVC, aluminio…

Los vidrios generalmente serán triples con gases nobles en las cámaras, si bien en determinados climas más suaves de nuestro país puede ser suficiente con vidrios dobles y gases nobles en las

cámaras. Los espaciadores de los vidrios deben ser de borde caliente (o plásticos y no metálicos).

La colocación de las carpinterías debe ser adecuada también, preferiblemente mediante sellados con cintas, selladores o espumas flexibles específicas para Passivhaus, y en todo caso según la normativa UNE 85219 de noviembre de 2016. **Una buena carpintería mal colocada es una mala carpintería. El proyecto debe recoger con detalle su correcta instalación.**

Como componente, las carpinterías pueden contar con certificación del Passive House Institute aunque no es obligatorio. La certificación del componente, de manera general, no incluye la certificación de componentes adyacentes como cajones de persiana, ni la correcta colocación en obra, entre otros.

Ejemplos de partidas de ventanas de altas prestaciones son:

> **CARPINTERÍA. (material XX, dimensiones XX, Certificado/No certificado Passivhaus**
>
> Carpinterías de material XX, dimensiones XX, número de hojas y tipo de apertura XX, incluye cajón o no de persiana.
> *Debe hacer mención como mínimo al tipo de material del marco y su conductividad térmica, el tipo de acristalamiento, su número de cámaras, el gas en el interior de las cámaras, la transmitancia térmica del acristalamiento, el tipo de espaciador y su transmitancia térmica, la clase de permeabilidad al aire, la clase de estanqueidad al agua, la resistencia a viento, incluye o no montaje y colocación en obra (preferiblemente incluye montaje conforme con UNE 85219-2016)*
> *La certificación de la ventana por norma general no incluye la certificación del componente de cajón de persiana. Esta cuestión debe ser revisada y validada en su caso por el técnico especialista Passivhaus al cargo*

Ventilación mecánica (de doble flujo) con recuperador de calor:

Los espacios interiores de los edificios se deben ventilar adecuadamente por salubridad. En edificios Passivhaus, con envolventes muy aisladas y herméticas, esta ventilación se realiza de manera controlada, con doble flujo y recuperación del calor para garantizar un aire interior continuamente renovado y ahorrando gran parte de la energía necesaria para la climatización del edificio.

Se trata de un sistema, diseñado y calculado como una instalación del edificio, y no se debe confundir con un sistema de climatización, si bien, en edificios pasivos si se desea es posible llegar a climatizar a través de él.

Su misión principal es extraer el aire viciado del interior e introducir aire de renovación desde el exterior de manera continua, recuperando gran parte de la energía contenida en estos flujos para reducir de manera drástica la pérdida energética por esta ventilación.

Como componente, los equipos de recuperación de calor pueden contar con certificación del Passive House Institute aunque no es obligatorio.

Es importante cuidar la ubicación de los equipos, reducir al máximo las distancias de los conductos entre el equipo y el exterior, así como aislarlos convenientemente ya que influyen de manera importante en la eficiencia del conjunto del sistema.

Ejemplos de partidas referidas a ventilación en proyectos Passivhaus pueden ser:

> **RECUPERADOR CALOR VENTILACIÓN MECÁNICA CONTROLADA DE DOBLE FLUJO**
> Unidad de tratamiento de aire con recuperador de energía de alta eficiencia con rendimiento superior al 80%, para un caudal máximo de XX m3/h

Debe hacer mención como mínimo al rendimiento de recuperación de energía, el caudal máximo de tratamiento de aire, recuperación o no de la humedad, tipo de filtros en entrada y salida, nivel de presión sonora, lugar de instalación (interior/exterior de envolvente térmica), tipo de colocación, certificados y normativa que cumple, materiales auxiliares para su colocación y montaje
Deben aparecer también partidas relativas al resto de la instalación de ventilación mecánica controlada de doble flujo, como pueden ser conductos, silenciadores, válvulas, bocas de impulsión, de salida y rejillas
Debe incluir o aparecer en partida aparte la puesta en marcha y la emisión de informe de equilibrado de los caudales de impulsión y extracción por parte de servicio técnico oficial

Certificación instituto Passivhaus:

Como estándar, tiene asociada una certificación de calidad que es la única garantía real de que se cumplen y respetan todos los requisitos prestacionales que marca.

El proceso de certificación consiste en una auditoría externa, desde la fase de proyecto con la comprobación de los cálculos energéticos realizados en el programa de cálculo específico para casas pasivas (PHPP) y las justificaciones de valores obtenidos, durante la ejecución de obra con la revisión de las características de los materiales empleados y su adecuación al proyecto previamente auditado, y hasta el final de obra con los resultados de los últimos ensayos realizados (Blower Door, equilibrado del sistema de Ventilación, etc…) en edificio terminado.

Como resultado de todo el proceso se obtiene la certificación correspondiente al tipo de obra que se haya realizado: Passivhaus en obra nueva o rehabilitaciones que lo consigan por la vía de las demandas; EnerPHit en rehabilitaciones.



Sello Casa Pasiva | Sello EnerPHit | Sello EnerPHit+i (para edificios con aislamiento interior en su mayoría) | Sello PHI Edificio de baja demanda energética

Ejemplos de partidas de certificación Passivhaus son:

CERTIFICACIÓN INSTITUTO PASSIVHAUS REHAB. ENERPHIT.

Certificación Passivhaus de edificio, bien para cumplir con los criterios Passivhaus o los criterios EnerPhit (rehabilitación).
Debe hacer mención a la preauditoría del proyecto, seguimiento y auditoría del proceso constructivo y emisión de informe final con certificación Passivhaus
El contrato con la entidad certificadora lo debe firmar directamente el cliente final, ya que se trata de una auditoría externa al equipo de proyecto y dirección de obra realizada por una entidad independiente

La Plataforma de Edificación Passivhaus ha colaborado con la Base de Datos de Precio Centro de la Construcción en la redacción de partidas específicas Passivhaus que los técnicos proyectistas pueden incorporar en sus proyectos. Pueden ser consultadas y/o adquiridas en Precio Centro de la construcción - Generador de precios descompuestos

HABLEMOS DE LA VENTILACIÓN

LEYENDAS URBANAS DE LA VENTILACIÓN MECÁNICA CON RECUPERACIÓN DE CALOR

Desde principios del año 2020, y debido a la situación de pandemia generada por el SARS-COV-19, hemos podido comprobar la importancia que tiene la ventilación y el mantenimiento de la calidad del aire en el interior de los edificios que habitamos.

El comité técnico de la Plataforma de Edificación Passivhaus tomó la decisión de redactar un artículo divulgativo para clarificar las falsas leyendas urbanas que circulan entorno a la ventilación de nuestros edificios.

LA VENTILACIÓN Y LA SALUD: ¡AQUÍ HUELE A HUMANIDAD!

Todos sabemos que ventilar los espacios habitados es necesario para mantener las condiciones de salubridad en el interior de las edificaciones, y esto ¿Por qué es?

Porque si no ventilamos el aire que hay en el interior de las construcciones está viciado. Y esto, ¿Qué significa?

- El aire puede contener virus
- El aire puede contener partículas contaminantes en suspensión
- El aire puede contener altas concentraciones de CO_2
- El aire puede alcanzar una elevada humedad relativa.

Y todas estas cuestiones ¿Por qué son importantes? ¿Qué tienen que ver con la salud?

El aire puede contener virus

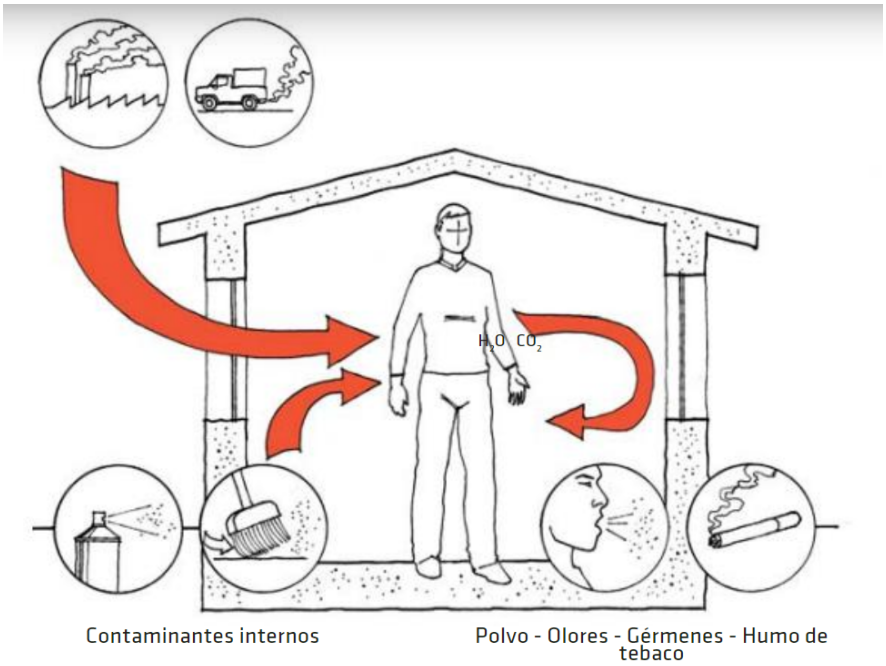
Una ventilación insuficiente de los espacios puede aumentar la propagación de enfermedades de transmisión aérea como la gripe, los resfriados, el SARS-COV-19, etc. porque el aire puede contener micropartículas en suspensión (los famosos aerosoles). Esta cuestión se sabe desde hace tiempo y debido a ello la normativa española desde hace años obliga a mantener la calidad del aire del interior de los espacios, haciendo hincapié en los de uso público.



Fuente: Daniel Rucks

El aire puede contener partículas contaminantes en suspensión

El aire puede contener partículas contaminantes que emanan de algunos productos que manejamos dentro de nuestras estancias o que es posible que contengan algunos productos de construcción: vapores de productos químicos, vapores de productos de limpieza, disolventes, Radón, formaldehídos, etc… Si ventilamos adecuadamente, estas partículas se disipan o se disminuye su concentración por lo que se reduce su peligrosidad.



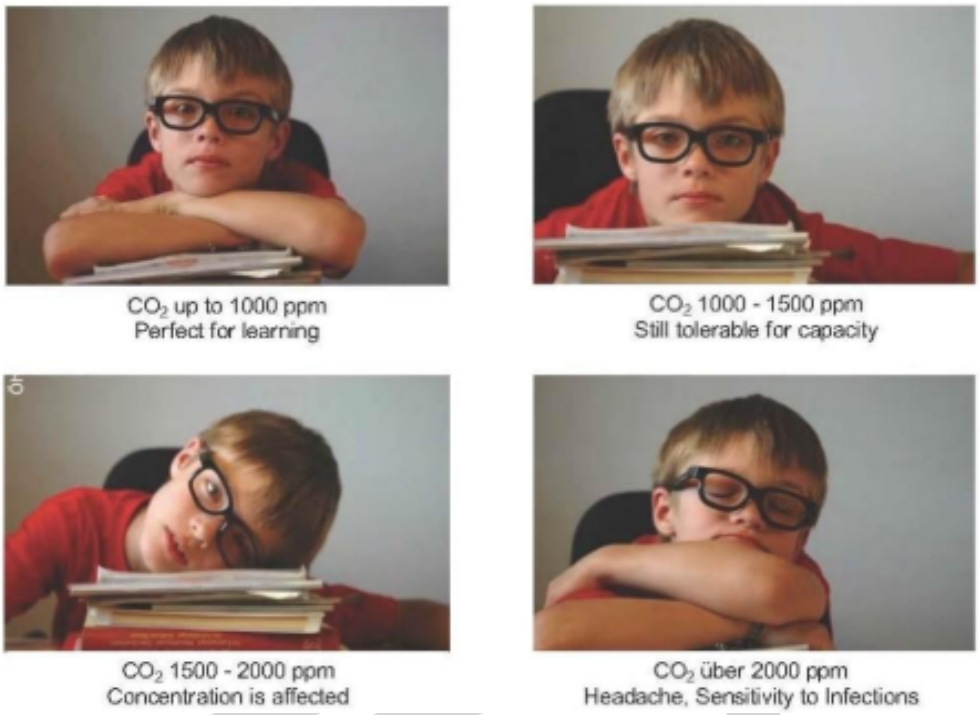
Fuente: Agencia Chilena de eficiencia energética.

PRODUCTOS DE COMBUSTION	MATERIALES DE CONSTRUCCION	PRODUCTOS DE CONSUMO	VARIOS
NO_2	Fibra de vidrio	Pinturas	O_3
NO	Asbestos	Barnices	Pb
CO	Compuestos orgánicos:	Plásticos	Fe
CO_2	Disolventes	Colas y pegamentos	Mn
BAP	Formaldehído	Disolventes	Complejos Al_2O_3
SO_2		Productos de sellado	Radón
Orgánicos madera quemada		Fibras textiles	
Humo de tabaco:		Papeles de pared y colas de empapelado	
Aldehídos		Pesticidas	
HCN		Repelentes de insectos	
Cetonas		Productos de limpieza	
Nitrilos		Cosméticos	
Nitrosaminas			
Nicotina			
Arsénico			
Cadmio			

Contaminantes químicos más frecuentes en el interior de los edificios. Fuente: Ministerio de trabajo. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo

El aire puede contener altas concentraciones de CO_2: ¡aquí huele a humanidad!

El CO_2 es el gas que se emite con la respiración. Altas concentraciones de CO_2 pueden provocar situaciones poco saludables. La Organización Mundial de la Salud recomienda que no se sobrepase en valor de 1000 ppm de CO_2. ¿Y qué pasa si sobrepasamos ese límite? Conforme aumentan los valores de partes por millón de CO_2 en el aire se produce somnolencia, la concentración disminuye, dolores de cabeza y disminución del sistema inmunitario frente a infecciones, etc.



Fuente: Stephan Oëhler

El aire puede alcanzar una elevada humedad relativa.

Las personas, cuando exhalamos, emanamos aire húmedo. La humedad de por sí no es dañina, pero cuando supera ciertos valores (80%) y se encuentra con paredes poco aisladas o puentes térmicos, puede generar mohos. Los mohos sí que son peligrosos porque en su proliferación pueden producir esporas causantes de graves enfermedades respiratorias. A lo anterior hay que tener en cuenta que en lugares con una humedad en el ambiente alta (zonas costeras o próximas a cauces de río) la humedad ya es alta de por sí, con lo que a veces, incluso sin la presencia de personas, ya se alcanza o nos quedamos próximos a ese 80% de humedad relativa.



Humedades de condensación

Entonces nos ha quedado claro ¡Hay que ventilar! Y…. ¿cómo lo hacemos?

LA ETERNA PREGUNTA: VENTILACIÓN MECÁNICA VS VENTILACIÓN NATURAL

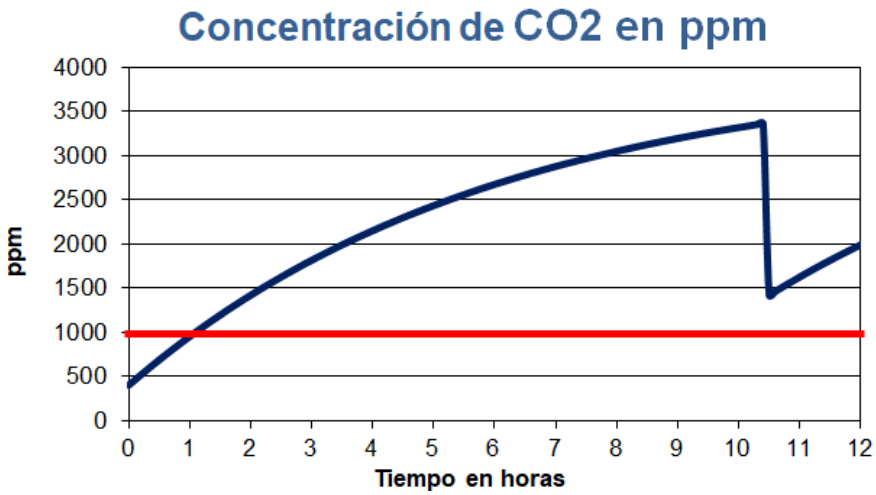
Parece que ante esta cuestión sólo cabría la defensa clara de uno u otro tipo de ventilación, pareciendo que en la defensa de alguna de estas posturas haya algún tipo de interés oculto… ¡Pero nada más lejos de la realidad!

Vamos a ver si, con la argumentación técnica y tumbando las leyendas urbanas que circulan por ciertos ámbitos, podemos arrojar algo más de luz sobre ambas, sus ventajas y que implica cada una.

Como ya hemos visto, la organización mundial de la salud recomienda no sobrepasar las 1000 ppm CO_2 en el interior de los espacios habitables. ¿y por qué se limita la concentración de CO_2? Porque el CO_2 se puede medir fácilmente por sondas y es un valor que nos sirve como indicador de la calidad del aire interior: si estamos por debajo del valor de 1000 ppm, en general tenemos una buena calidad del aire, si estamos por encima significa que la calidad del aire no es buena y hay que empezar a renovarlo o a ventilar. Pues abramos ventanas ¿no?

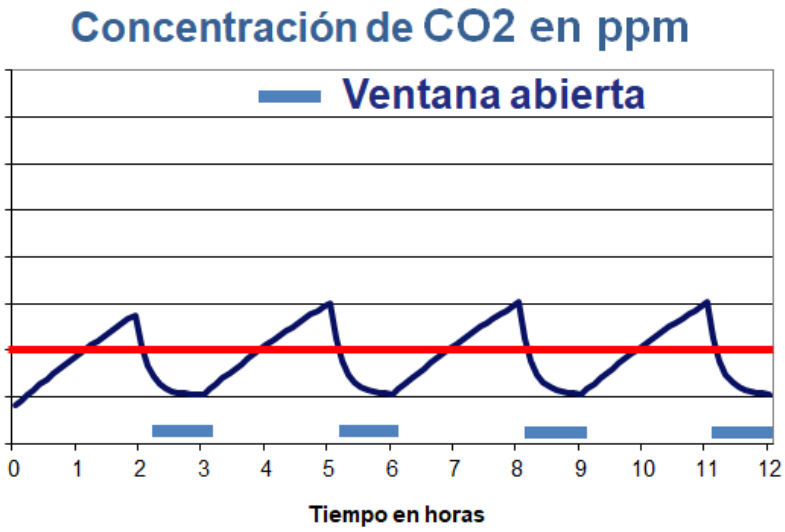
¡SÍ! YO YA VENTILO CADA MAÑANA

Supongamos que abrimos las ventanas por la mañana durante 10 minutos para ventilar y renovar el aire interior. ¡Perfecto! La concentración de CO2 baja hasta niveles aceptables y saludables. ¿Qué pasa cuando pasa una hora? Pues que si el espacio está habitado de forma continua (oficinas, colegios, etc) poco a poco vuelve a aumentar la concentración de CO_2



Fuente: ALDES

Entonces ¿Cada cuánto habría que abrir ventanas para mantener unos niveles óptimos de CO_2? Pues dependiendo de la superficie de la estancia y de la cantidad de personas, pero partiendo del mismo supuesto que para el gráfico anterior, la respuesta es que habría que abrir ventanas al menos durante 1 hora cada 3. Aunque, incluso de esta forma no garantizaríamos mantener el nivel de CO_2 por debajo de los 1000ppm de manera continua.



Fuente: ALDES

¿Y qué pasa cuando fuera hace mucho frío o mucho calor? Pues que cada dos horas tendremos que pasar mucho frío o mucho calor, y perder todo el aire caliente o frío con el que hemos climatizado los espacios que ventilamos… ¡Menudo derroche de energía!

¿Y si la ventilación se produce a través de un sistema de ventilación mecánica con recuperador de calor? Pues que la ventilación es constante, con caudales bajos y permanentes, lo que permite mantener la calidad del aire interior en niveles óptimos todo el día, y con una ventaja: al aire viciado que se extrae, antes de expulsarlo al exterior, se le roba la energía (calor) para pasársela al aire frío que proviene de fuera, con lo cual, antes de introducirlo a cada estancia se precalienta. Este intercambio de calor se produce de manera inversa en verano, cediendo su energía (calor) el aire exterior al aire que está saliendo del edificio para entrar a menor temperatura de la que se encuentra en el exterior y necesitar menor refrigeración. Incluso, cuando resulte más adecuado como por ejemplo en noches de verano, se puede “saltar” el paso por el recuperador de calor para introducir el aire directamente más fresco, pero manteniendo el filtrado. Este proceso se

realiza sin que los flujos de aire (viciado que se expulsa del interior y de renovación que se introduce desde el exterior) se mezclen en ningún momento.

YA… PERO ES QUE LA VENTILACIÓN NATURAL ES MÁS SANA… ESO DE TENER TODO EL DÍA ENCHUFADA UNA MÁQUINA…

El 80% de la población vive en entornos urbanos que poseen altos niveles de contaminación atmosférica procedente principalmente de la circulación de vehículos y de la industria, por lo que cuando abrimos ventanas lo que entra por ellas no es aire ni puro ni natural precisamente…

Ya, pero es que yo vivo en el campo, por lo que mi aire no contiene polución. Pues efectivamente no contiene partículas procedentes de la combustión de los vehículos, pero sí que contiene sustancias nocivas procedentes de los abonos químicos, los fertilizantes, los pesticidas, granjas de animales, partículas de polen, etc.



Cuando se ventila a través de un sistema de ventilación de doble flujo, el aire que procede del exterior, antes de introducirlo en el interior del edificio pasa por una serie de filtros que atrapan parte de las partículas que el aire lleva en suspensión. Y para muestra: un botón. En la imagen adjunta se puede ver cómo quedan los filtros instalados en una máquina de un edificio situado en un entorno urbano después de tan solo unos meses de uso… sí, solo unos meses de uso…



Fuente: Zehnder. Estado de los filtros después de unos meses de uso



Fuente: Siber. Comparación del estado de los filtros después de unos meses de uso y unos nuevos

Existen muchos tipos de filtros en función de las necesidades, incluso filtros que atrapan virus.

DE TODAS FORMAS: YO YA TENGO UNA VENTILACIÓN HÍBIBRIDA, Y CON AIREADORES A TRAVES DE LAS VENTANAS…

La ventilación híbrida permite que a través de los shunts de ventilación situados en baños y cocinas se ventilen las viviendas (esta solución no se puede aplicar en edificios que no sean de uso residencial). ¿Cómo funciona este sistema? Pues en la parte superior de los shunts situados en los tejados (o bien a través de motores o bien a través del efecto Venturi) se genera una depresión en los conductos que “chupa” aire de las viviendas, generando una corriente de aire. Para que exista esta corriente de aire tienen que haber pequeños orificios para permitir la entrada de aire desde el exterior, que se sitúan en las estancias en las que no se producen olores o vapores: salones, dormitorios, etc; de forma que la corriente de aire empuja los contaminantes que se producen en el interior de estas habitaciones hacia los núcleos húmedos. Los orificios por

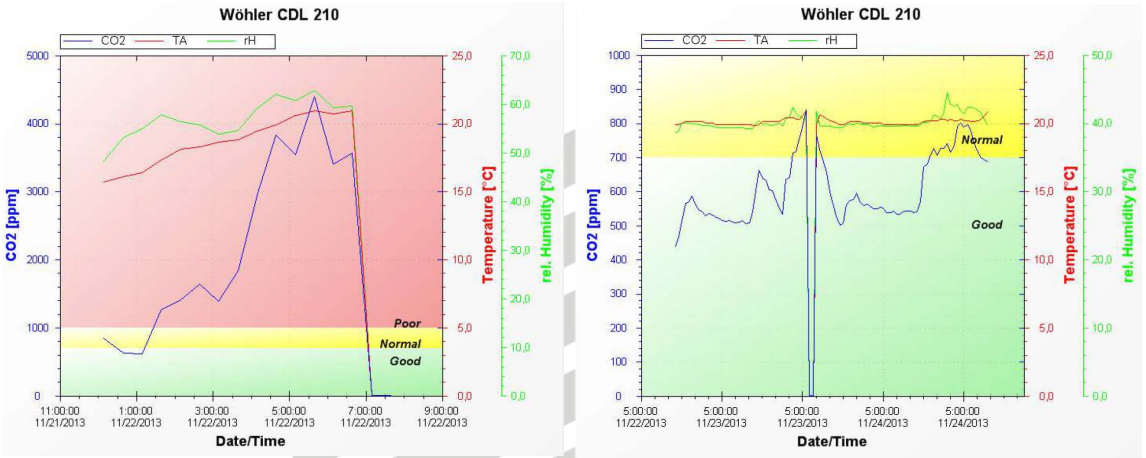
donde entra en aire del exterior pueden ser en forma de aireadores colocados en las ventanas, o bien de bocas de admisión colocadas en las fachadas.

Este sistema sí que garantiza la ventilación constante de las viviendas, pero….

Según lo que hemos visto anteriormente no impide la entrada de aire con partículas contaminantes o dañinas procedentes del exterior. Tampoco impiden la entrada de aire frío o caliente: es como tener un agujero siempre abierto en varias paredes de la casa que permiten que se genere corriente de aire en el interior para generar la ventilación, lo que instintivamente nos llevaría a taparlo para impedir la entrada de frío o calor. Por lo que parece no es un sistema muy eficiente desde el punto de vista energético.

¿Y qué pasa cuando la humedad en el exterior es muy alta? Que este sistema tampoco ayudaría a reducir o controlar la humedad en el interior para evitar la aparición de mohos.

A todo lo anterior habría que añadir el disconfort que una corriente constante de aire produce, más si tiene una temperatura muy diferente a la que tenemos en el interior de las viviendas.



Fuente: PEP (Adelina Uriarte). Gráficas de temperatura (rojo), CO_2 (azul) y humedad (verde)
A la izquierda, un aula con ventilación manual a lo largo de una jornada lectiva.
A la derecha una estancia de edificio Passivhaus con ventilación mecánica.

LA VENTILACIÓN NATURAL… ¿ES INCOMPATIBLE CON LA VENTILACIÓN MECÁNICA?

Desde luego que no, y de hecho pueden ser hasta complementarias cuando la temperatura exterior es de confort, en zonas no próximas a contaminación ambiental, sin ruido, etc… La idea es garantizar de base una adecuada ventilación constante, de manera que tengamos un ambiente interior sano, haciéndolo de la manera más eficiente posible y sin perjudicar el consumo energético, y que cuando sea necesario o factible, la podamos apoyar con ventilaciones puntuales de manera manual a través de ventanas.

ENTONCES…. ¿CUÁL ES LA CONCLUSIÓN?

Puede que la ventilación natural permita la ventilación de los espacios habitados, aunque desde luego no en condiciones óptimas de salud, confort, eficiencia energética, etc… Desde el punto de vista técnico, es la ventilación mecánica de doble flujo con recuperador de calor la que permite mantener una ventilación constante y continua, garantizando todos esos parámetros tan importantes.

Cuando no existe otra solución porque estamos hablando de edificios preexistentes, la ventilación natural es una opción para evitar una mala calidad del aire interior; pero la

construcción de nuevos edificios o su rehabilitación sin sistemas de ventilación mecánica no tiene con qué argumentarse desde el punto de vista técnico. Ni si quiera el consumo del ventilador de la ventilación mecánica (0'2 Wh/m^3, menos que un frigorífico) es un argumento en contra.

Los sistemas de ventilación mecánica permiten el mantenimiento de una calidad óptima del aire interior de las estancias que habitamos evitando la entrada de partículas nocivas del exterior gracias al filtrado del aire, reduciendo el porcentaje de humedad interior a valores muy lejanos al 80% independientemente de la humedad existente en el exterior, evitando las corrientes de aire que generan disconfort, minimizando las pérdidas energéticas causadas por la renovación constante de aire gracias al recuperador de calor, reduciendo la concentración en el interior de virus, sustancias nocivas y de CO_2, etc.

¿Quién da más por menos?

¿Y LOS PURIFICADORES DE AIRE?

Durante el año 2020 se ha producido un auge de los denominados purificadores de aire como solución a la eliminación de virus en el interior de espacios habitados, especialmente de aulas escolares o centros de trabajo.

Es preciso aclarar que el funcionamiento de estos aparatos se basa en la recirculación del aire de la misma estancia, absorbiendo el aire que lo rodea, filtrándolo y volviendo a expulsarlo. Siendo así, queda claro que dependen casi por completo de la eficacia y del nivel de mantenimiento de su filtro.

También es importante apreciar que se trata de un elemento único en una estancia por lo que en primer lugar debe ser capaz de absorber el aire del punto más lejano a donde se encuentre, atrayendo en su camino todos los virus, contaminantes y otras sustancias que pueda contener el aire y en segundo lugar debe ser capaz de hacer llegar el aire filtrado a ese mismo punto. Por su parte, los sistemas de ventilación mecánica se dimensionan en función de las necesidades asegurando que se produce la renovación de todo el aire interior de las estancias.

A nivel de consumo energético, para un mismo volumen de aire ambos sistemas tienen un consumo similar, si bien el purificador se encontraría situado en un único punto de la estancia (o incluso vivienda o edificio) mientras que un sistema de ventilación mecánica cuenta con tomas y salidas en todas las estancias, o incluso varias tomas por estancia en función del tamaño.

A nivel de ruido, de nuevo, para un mismo volumen de aire ambos sistemas tienen una presión sonora similar, con la diferencia de que el purificador tiene que estar ubicado necesariamente en el lugar donde se quiere emplear mientras que el recuperador de calor del sistema de ventilación mecánica de doble flujo puede encontrarse en otra estancia, por ejemplo, un cuarto técnico o una zona común, e incluso aislado frente a ruido sin perjudicar esto en la ventilación de los espacios interiores.

De nuevo, no recomendaríamos la utilización de un sistema de este tipo salvo que no existiera ninguna otra opción posible.

¿CÓMO ES UN SISTEMA DE VENTILACIÓN?

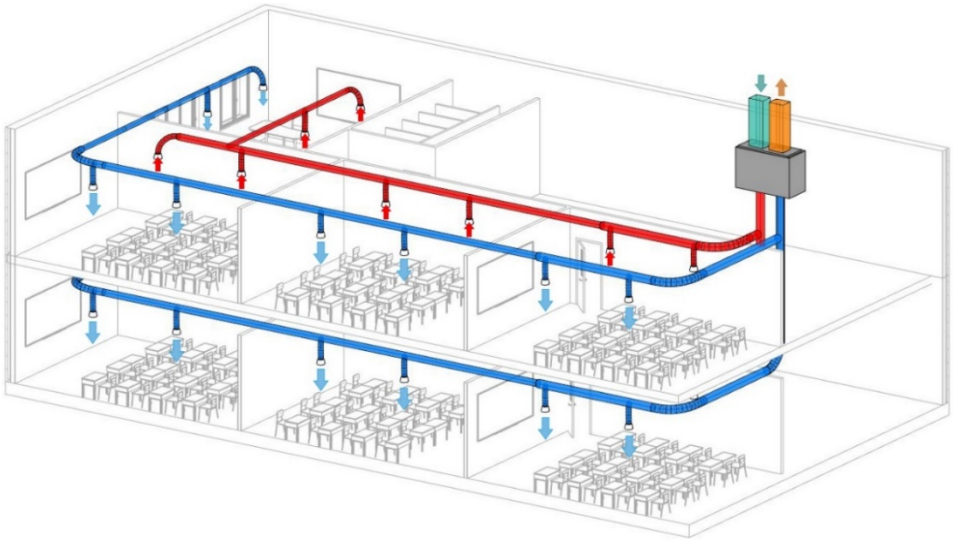
En cada proyecto concreto, será necesario contar con un técnico especialista que se encargue de evaluar, calcular, diseñar y dimensionar adecuadamente el sistema de ventilación necesario para nuestro caso.

De manera resumida, las partes principales del sistema son el recuperador de calor como pieza central, la red de conductos (distribución) y las bocas de impulsión y extracción.

Debe garantizar un caudal adecuado por persona, un sistema que funcione a bajas velocidades, silencioso, que este equilibrado y que cuente con un sistema de regulación que garantice en todo momento la adecuada calidad ambiental interior (mediante sondas de CO_2 por ejemplo).

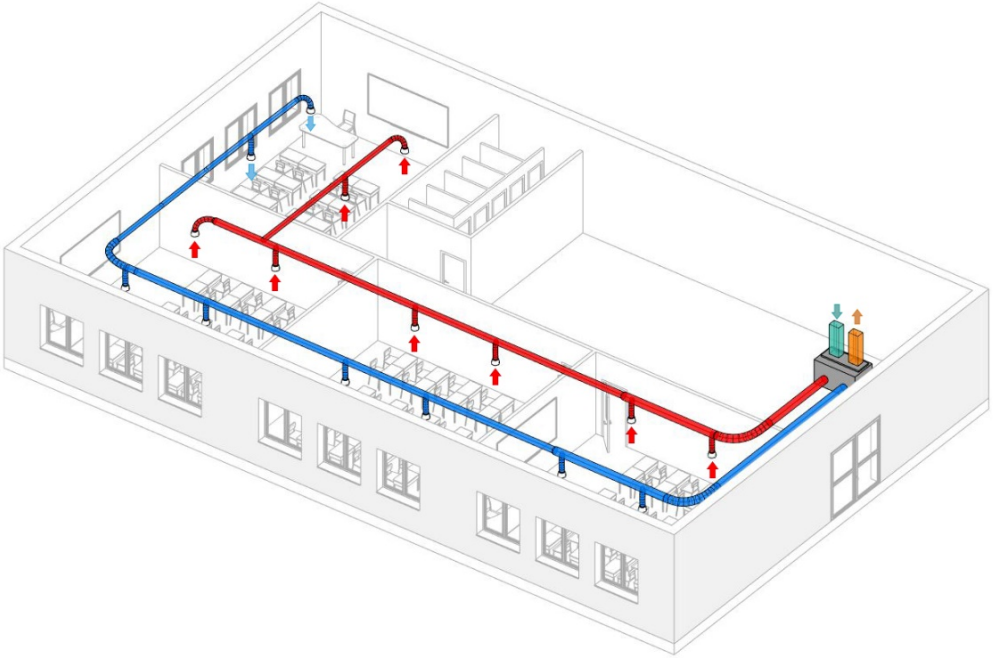
De manera general podemos encontrar varios tipos de diseño para este sistema, cada uno de ellos con sus ventajas y desventajas:

Centralizado para el edificio:



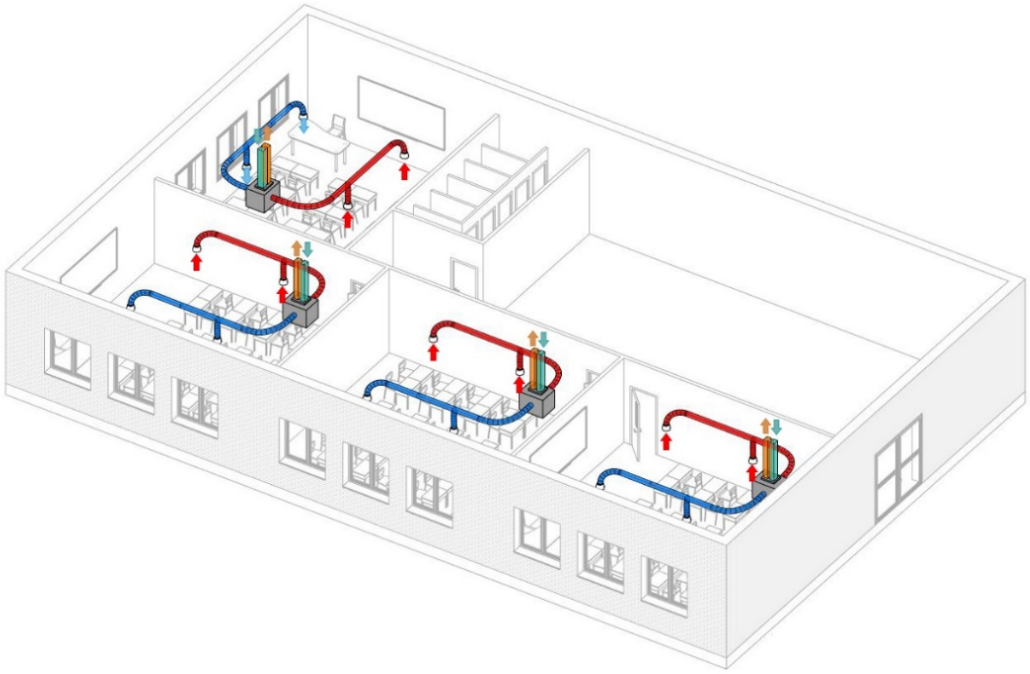
fuente: PEP. Elaboración propia

Por planta:



fuente: PEP. Elaboración propia

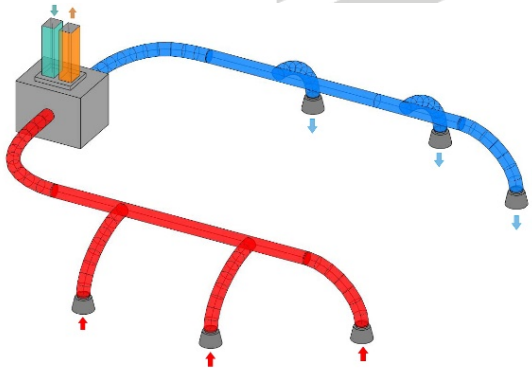
Por aula:



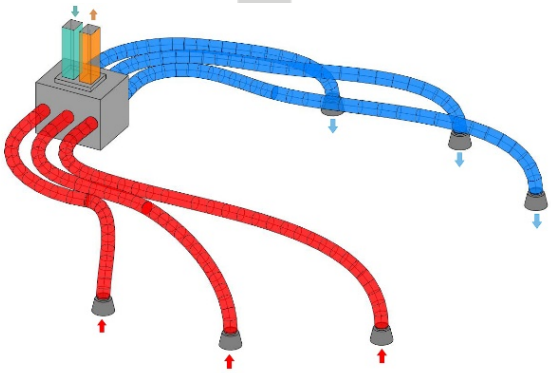
fuente: PEP. Elaboración propia

Cada uno de los anteriores se puede a su vez diseñar para que el reparto sea:

Lineal



En estrella:



fuente: PEP. Elaboración propia

En función del tipo de edificio, su distribución, las posibilidades de actuación (parciales y/o totales) es posible que uno de estos sistemas presente ventajas tanto económicas como funcionales con respecto a otro. Un técnico cualificado sabrá analizar y recomendar la mejor solución posible.

HACIENDO NÚMEROS

Por lo demostrado en el estudio de monitorización de colegios, partimos de la base de que una rehabilitación energética en los edificios docentes de nuestro país es necesaria, ya que ahora mismo no garantizan las condiciones adecuadas de confort y salubridad interior, además de contar con altos consumos energéticos.

Por lo tanto, partimos de una situación en la que la única opción es la rehabilitación de los centros escolares, la opción de no rehabilitar los centros escolares no debería plantearse en ningún caso como viable.

Así que, si es evidente que debemos rehabilitar nuestros centros escolares analicemos cuales son las opciones que tenemos, cuales son las prestaciones que obtendremos en cada caso y qué planteamiento nos permitirá optimizar los recursos públicos al máximo.

La primera opción será realizar rehabilitaciones limitándonos al cumplimiento teórico del código técnico de la edificación. Los datos del estudio de monitorización ya han demostrado que ello no garantiza, ni de lejos, el cumplimiento de adecuados niveles de confort y calidad ambiental interior.

Por el contrario, podemos rehabilitar en estándar Passivhaus. En este caso no tendremos dudas de las prestaciones que obtendremos en el interior de nuestros edificios.

La inversión adicional **para acometer rehabilitaciones Passivhaus puede estimarse de manera prudencial en la horquilla de 5%-15% sobre una rehabilitación en base a la normativa nacional actual.**

Sin embargo ese 5%-15% puede mejorar la demanda energética del edificio entre un 70% y un 80% aproximadamente.

Si tenemos en cuenta el retorno producido por los ahorros en climatización, esta inversión inicial será compensada en los primeros años de uso tras la rehabilitación, generando ahorros y capacidad de nueva inversión a partir de ese momento y durante el resto de vida útil del edificio. Ciframos el retorno de esta inversión en un 1% anual aproximadamente, lo que establece unos periodos de amortización de 5-15 de manera general.

De manera más concreta, podemos ofrecer unas horquillas de costes orientativas para este tipo de rehabilitaciones.

Suponiendo edificaciones con un factor de forma favorable, construidas entre las décadas de los 70 y 80, con superficies a rehabilitar entre 2.000m2 y 5.000m2, en el que no sean necesarias otras obras relativas a estructura o partes necesariamente achacables al aspecto energético, los principios Passivhaus y la eficiencia energética, se pueden tomar las siguientes cifras como orientativas:

- Ratio de la rehabilitación EnerPHit en una horquilla de 400-500€/m2
- Ratio para el sistema de ventilación en una horquilla de 60-75€/m2

La demanda de energía para calefacción en un edificio de estas características es de 15 ó 20 kWh/m^{2}año, según se trate de obra nueva o rehabilitación.

A la hora de establecer una comparativa se ha considerado un ejemplo sobre edificio con antigüedad mínima de 30 años, superficie de 2.000m2, instalación de gas para la calefacción y demandas estimadas de 130 kWh/m^{2}año, lo cual es aproximado a la realidad según

modelizaciones de edificios existentes con la herramienta de cálculo PHPP, basada en su mayor parte en la normativa UNE EN 13790[2].

Sobre esta base, se adjunta un ejemplo considerando los efectos de **rehabilitar un edificio bajo estándar EnerPhit (el estándar Passivhaus aplicado a la rehabilitación)**, basándonos únicamente en los consumos de calefacción, sin contabilizar otros que existen en el edificio y que también se reducen.

Por su parte, rehabilitar estos edificios en base a la normativa nacional no asegura alcanzar estas condiciones interiores adecuadas ni las demandas de proyecto, como hemos visto. Para rehabilitaciones en base a la normativa nacional podemos situar unas demandas reales de calefacción después de la rehabilitación en la horquilla de 60 a 90 kWh/m^{2}año, con unas ratios de costes entre 380-425 €/m^2 (5-15% de diferencia con Passivhaus).

Con estos criterios los valores de ahorro energético considerando una instalación de gas para la calefacción serían los siguientes:

	ESTADO ACTUAL		*CTE*		*ENERPHIT*	
FUENTE DE ENERGÍA	GAS		GAS		GAS	
SUPERFICIE	2000	m2	2000	m2	2000	m2
RENDIMIENTO INSTALACIÓN	80%		80%		80%	
DEMANDA ANUAL	130	kWh/m2	75	kWh/m2	20	kWh/m2
DEMANDA ANUAL EDIFICIO kWh	325000	kWh	187500	kWh	50000	kWh
PRECIO GAS	0,055	€/kWh	0,055	€/kWh	0,055	€/kWh
IMPORTE CONSUMO	17875	€	10312,5	€	2750	€
TÉRMINO FIJO	NO CONTABILIZADO		NO CONTABILIZADO		NO CONTABILIZADO	
IVA	3753,75	€	2165,62	€	577,5	€
TOTAL	21628,75	€	12478,12	€	3327,5	€
AHORRO ANUAL				9.150,63 €		18.301,25 €

*Se considera el término fijo del gas repercutido directamente sobre el ACS.
**Precio del kWh gas de 0,055 €, valor favorable de mercado.
*** No se contabilizan ahorros debidos a refrigeración ni otros consumos como electricidad.

Como hemos visto, la construcción y rehabilitación de edificios de consumo casi nulo bajo estándar Passivhaus supone lógicamente un importante ahorro energético.

Al mismo tiempo hay que incidir que **esta demanda mínima se consigue manteniendo a su vez un altísimo nivel de confort (higrotérmico, acústico, calidad del aire)** cuestión que también debería ser tenida en cuenta ya que no se alcanza en una vivienda tipo.

Por lo tanto, la verdadera cuestión a analizar aquí será decidir entre:

- Invertir 405€/m^2 para rehabilitar edificios docentes y alcanzar valores de demandas reales de calefacción entre 60 a 90 kWh/m^{2}año que no garanticen las condiciones de confort interior adecuadas.

- Invertir 450€/m^2 para rehabilitar edificios docentes y alcanzar demandas reales de calefacción entre 15 a 20 kWh/m^{2}año que sí garantizan unas condiciones de confort interior adecuadas

[2] sustituida por la UNE-ISO 52016-1:2017

Continuando con el ejemplo anterior, podemos hacer un cálculo muy simplificado de amortización directa de ambas opciones del total de la rehabilitación, donde resulta también claramente ventajosa la amortización de la rehabilitación enerPHit frente a rehabilitación convencional:

	CTE	*ENERPHIT*
RATIO REHABILITACIÓN	405 €/m2	450 €/m2
INVERSIÓN	810.000,00 €	900.000,00 €
AHORRO ANUAL CALEFACCIÓN	9.150,63 €	18.301,25 €
AMORTIZACIÓN DIRECTA	88,5 años	49,18 años

* No se contabilizan ahorros debidos a refrigeración ni otros consumos como electricidad
** Cálculo de amortización simplificado. No se incluye en el cálculo el IPC de la energía, el interés bancario ni el coste de oportunidad.

Por su parte, y también sobre el ejemplo anterior, si sólo consideramos la sobreinversión necesaria entre hacer una rehabilitación EnerPhit y una convencional (90.000€), dividido entre la diferencia de ahorros obtenidos entre las dos opciones (9.150,63€) tenemos un plazo de amortización de esta parte de sobreinversión de 10 años.

Y más números a considerar.

Para tomar una adecuada decisión deberíamos analizar más números que habitualmente pasamos por alto debido a la dificultad de su estimación. Pero en cualquier caso es evidente que en el caso de las rehabilitaciones passivhaus irán a favor de las mismas.

Nos referimos al valor de la salud, por ejemplo.

Mejorar el confort y la calidad ambiental interior favorece la salud tanto de profesores como alumnos. Reducirá las bajas por enfermedades, también los contagios de todo tipo si disponemos de un aire de calidad. Ello supone reducir costes sanitarios que también son recursos públicos.

Pero también la oportunidad que representa la rehabilitación.

Y es que *"…Según el Informe Construmat sobre el Impacto Económico y Social de la Rehabilitación de Vivienda, en España cada euro invertido en este sector genera un 85% de actividad económica adicional /…/ el documento elaborado por el salón barcelonés concluye que las ayudas a la rehabilitación tienen un saldo positivo para las administraciones: por cada 100 euros que destinan a subvencionar actuaciones de mejora en los edificios recuperan, vía impuestos, 111 euros…"*[3]

Pero, además, *"…diferentes informes estiman que por cada millón de euros invertidos en rehabilitación energética se generan hasta 18 empleos…"*[4]

NOTA: Todos los valores de cálculo incluidos en este capítulo son estimaciones teóricas sobre una muestra de rehabilitaciones ejemplo ejecutadas en la realidad y no son aplicables a proyectos concretos sin realizar primero una valoración de éstos por parte de un técnico competente.

[3] Cada euro invertido en rehabilitación genera un 85% de actividad económica adicional en España, según un informe de Construmat - Climatización e Instalaciones (interempresas.net)
[4] Estrategia de Rehabilitación Energética de Edificios en Asturias - ORT Noticias del Occidente de Asturias (ort-ort.com)

SOY UN AMPA (o usuario de estos edificios)

Si has leído el apartado Antecedentes y qué es un edificio Passivhaus, tienes una idea aproximada de lo que es exactamente una rehabilitación EnerPHit paso a paso en un centro educativo, bajo este estándar de construcción. También comprendes ya, por tanto, los beneficios ambientales, económicos y en la salud que una rehabilitación energética de estas características puede aportar a nuestros hijos y docentes.

Sin embargo, es probable que ahora te empiecen a saltar dudas acerca de las posibilidades y próximos pasos a seguir para llevar a cabo esta iniciativa. Esta guía ha sido diseñada como punto de partida a la rehabilitación energética paso a paso. A continuación, te mostramos distintos pasos a seguir si eres un AMPA o agente similar (padre, madre, profesor, dirección del centro…):

1. **Búsqueda financiación**. Insta a tu ayuntamiento correspondiente a que el centro educativo necesita una rehabilitación energética, y ésta deberá ser integral y no parcial.

2. **Ponle en contacto con PEP** si es necesario para que conozca las ventajas de los edificios pasivos y se les pueda facilitar ejemplos y referencias.

3. **Consulta con un Diseñador Passivhaus**. Será el técnico que te ayudará en todo el proceso de rehabilitación y te orientará acerca de las posibilidades del proyecto.

4. **Diseño del proyecto de rehabilitación paso a paso**. Aquí se determinará el número de fases necesarias para llevar a cabo el proyecto completo, en función de la financiación disponible y de la disponibilidad de las instalaciones sin perjudicar los periodos lectivos.

5. **Exige al ayuntamiento o administración actuante que contrate un Certificador Passivhaus**. Será el encargado de verificar que la obra ejecutada se corresponde con el proyecto definido por el diseñador Passivhaus, y que a su vez cumple con los criterios de certificación Passivhaus. Será una garantía para todos. Para que vuestros hijos como usuarios puedan disfrutar del confort que se merecen y para que la administración tenga los retornos y amortizaciones previstas.

6. **Si has llegado hasta aquí enhorabuena. Cuéntanos tu experiencia, comparte y anima a otras personas**

SOY UNA ADMINISTRACIÓN / UN REGULADOR

Si eres una administración y has podido leer y analizar el informe de monitorización de colegios no actuar no es una opción. Y puestos a actuar te recomendamos que analices todas las posibilidades existentes, sus prestaciones y sus retornos.

Si has llegado hasta aquí ya tienes una idea de las prestaciones de los edificios pasivos, de sus costes y de su amortización frente a otras alternativas.

El siguiente decálogo para la Administración pretende exponer diez pautas que consideramos esenciales para resolver las carencias que tienen los centros educativos construidos sin ningún tipo de estándar de eficiencia energética ni un diseño que beneficie a los estudiantes y profesores en cuanto a calidad de aire interior:

1. **Ponte en contacto con la Plataforma PEP y solicita información detallada sobre cómo resolver este problema**. Si estás dispuesto a actuar, te podemos ayudar de manera más específica, mostrándote ejemplos y casos de éxito de otras Administraciones, facilitándote pliegos técnicos y transmitiéndote nuestra amplia experiencia en el sector.

2. Al margen de las posibilidades de actuación, es importante que plantees **estudios integrales de soluciones globales que permitan su ejecución por fases**.

3. **Diseña un proyecto de rehabilitación paso a paso.** Aquí se determinará el número de fases necesarias para llevar a cabo el proyecto completo, en función de la financiación disponible y de la disponibilidad de las instalaciones sin perjudicar los periodos lectivos.

4. **Incluye en las licitaciones prestaciones concretas, así como métodos de control para garantizarlas**. Un diseñador Passivhaus puede ayudarte. Será el técnico que te asesorará en todo el proceso de rehabilitación y te orientará acerca de las posibilidades del proyecto.

5. **Licita las obras incluyendo cláusulas específicas que garanticen las prestaciones previstas**.

6. **Como parte del control de calidad, contrata un certificador Passivhaus**. Será el encargado de verificar que la obra ejecutada se corresponde con el proyecto definido por el diseñador Passivhaus, y que a su vez cumple con los criterios de certificación. Será una garantía para que la Administración tenga los retornos y amortizaciones que estaban previstos, y los alumnos y profesores, el confort y la calidad ambiental necesarios.

7. **Haz partícipe a toda la comunidad escolar de todo este proceso**. La mejor forma de educar es con el ejemplo. Si es necesario, contacta con PEP y te facilitaremos documentación sobre nuestros talleres de alfabetización energética y sobre nuestras “niño-auditorías energéticas”.

8. Si es posible, **monitoriza el edificio y obtén datos que te permitan medir y comparar esta obra con otras**.

9. **Aprovecha el gran apoyo** que a nivel europeo y nacional se está impulsado para ejecutar políticas hacia la transición ecológica. A ello hay que sumar que los niños son parte de la población más vulnerable y uno de los sectores donde debemos enfocar nuestros esfuerzos. Puedes contar con nosotros para asesorarte.

10. **Comparte tus resultados con nosotros y con otras administraciones**. La educación y la comunicación tienen una capacidad de transformación increíble. Tu capacidad de acción es muy superior. A partir de la experiencia, el ejemplo y los resultados podemos hacer que otras Administraciones y usuarios cojan el testigo.