



**Rehabilitación de un piso en un bloque de viviendas
en el barrio San Francisco en Bilbao con criterios
EnerPHit**

Autor: Wolfgang Berger

Institución: Bau Passivhaus

Resumen

Se presenta una reforma de un piso en la parte vieja de Bilbao.

Se han aplicado todos los conceptos del estándar Passivhaus, como buen aislamiento, limitación de puentes térmicos, alta calidad de ventanas, alta hermeticidad del piso y ventilación controlada con recuperación de calor. Se ha conseguido una disminución de consumo energético del 89% llegando a los límites de estándar Passivhaus en reformas (EnerPhit) de 25 kWh/m²·a (calefacción o refrigeración).

Aun siendo interesante el ahorro de energía no es la parte más importante del estándar Passivhaus sino el alto confort que se consigue en el interior del piso.

Palabras clave: Reforma energética, Passivhaus, Edificio de consumo casi nulo



Foto: Estructura principal de madera a la vista – Fuente: Bau Passivhaus sl

Descripción:

En un piso de aprox. 85m² con muros macizos de ladrillo y una estructura de madera en él se propuso hacer una reforma integral. Respecto al aislamiento térmico se ha tratado el piso como una vivienda unifamiliar aislada. En consecuencia paredes exteriores, medianeras y tabiques que separan la otra vivienda y el techo se han aislado con un trasdosado, consiguiendo valores U desde 0,2 hasta 0.4 [W/m²·K]. Se ha instalado ventanas con triple acristalamiento.

Existe una capa hermética en toda la envolvente con un valor $n_{50} = 0,85$ [h⁻¹]. Se ha instalado un sistema de ventilación con recuperación de calor con un rendimiento de aprox. 80% según cálculos de PHPP.

La dificultad en este caso era utilizar el PHPP como herramienta de diseño sabiendo que su utilidad es limitada respecto a la aplicación de solo un piso dentro de un edificio. No existen muchas experiencias acerca de si los valores calculados se corresponden con la realidad, como en el caso de edificios completos.

Se ha podido integrar en el diseño el uso de una caldera de gas en el piso sin perder las prestaciones derivadas de la hermeticidad.

La rehabilitación de esta vivienda ha conseguido una reducción de ruido extraordinaria en el interior a pesar de que la vivienda está situada entre calles muy frecuentadas del barrio. Además se mejoró mucho la calidad de aire interior dado que éste se filtra antes de su llegada a las estancias de la vivienda.

El “sobrecoste” de esta inversión para conseguir los valores de estándar PH se estima en un 8% sobre el total del presupuesto.

Proyecto y dirección de obra:

Bernd Nitsch (arquitecto), Wolfgang Berger (arquitecto)

Empresas ejecutoras: Llodiana (Carpintería), Bau Passivhaus sl (obra)

Lugar: Bilbao, Barrio San Francisco

Año: 2013

Superficie útil: 85m²

Demanda calefacción (PHPP): 18 kWh/m²·a



Foto: Situación antes de la reforma – Fuente: Bau Passivhaus sl

Estándar PASSIVHAUS

¿Qué es el estándar Passivhaus?

Passivhaus (casa pasiva) es un estándar de alta eficiencia energética de edificios.

El estándar Passivhaus solo se preocupa de la demanda energética de un edificio en uso durante su vida útil. Se supone que esta energía es (la mayor) parte de energía necesaria considerada desde la fabricación de los materiales de construcción, pasando por la construcción y uso hasta el derribo del edificio – en total llamado “ciclo de vida” de un edificio.

El lema sería: Reducción de pérdidas de calor y optimización de las ganancias solares pasivas.

La idea generalmente es no gastar más energía que la necesaria para el bienestar y la higiene de los usuarios. La base de este cálculo es que una persona necesita unos 30m³/h de aire fresco.

Un edificio en estándar Passivhaus es un edificio cuya demanda de calefacción es tan baja que se consigue el confort térmico (ISO 7730- clase “A”) solo a través del calentamiento o enfriamiento del aire introducido para ventilar el edificio. Este caudal de aire es el mínimo necesario para mantener una buena calidad higiénica de los espacios interiores (1.200 ppm CO₂). Un sistema convencional de calefacción y refrigeración se puede considerar superfluo. Se garantiza de este modo la viabilidad del sistema.

Concepto energético – Passivhaus – 7 puntos esenciales



Foto: Componentes del estándar Passivhaus – Fuente: Bau Passivhaus sl

El diseño de la casa está basado en 7 puntos esenciales para cumplir con un estándar que está establecido en Centro Europa y conocido por el nombre “Passivhaus”. Postulando que la energía solar que se recibe a través de las ventanas se mantiene a lo máximo dentro de la capa del edificio, existen solamente los aportes para las renovaciones de aire fresco como necesidad calorífica de la casa. Para conseguir este efecto aislante y su eficiencia energética habrá que cumplir con una serie de aspectos que se describen a continuación:

- Aislamiento térmico
- Buena calidad de carpintería
- Ventilación mecánica con recuperación de calor
- Control de puentes térmicos
- Control de estanqueidad al aire
- Protección solar y ventilación natural
- Simulación energética con PHPP

Aislamiento térmico:

Un muy buen aislamiento térmico para paredes exteriores y cubiertas es beneficioso tanto en invierno como en verano.

Con una baja transmitancia térmica de los cerramientos exteriores baja también la demanda de energía del edificio. En función del clima se puede optimizar el grosor del aislamiento térmico hasta encontrar el punto de inflexión, donde el aumento de grosor es muy poco relevante para la mejora de la eficiencia energética.

Buena calidad de carpintería

Se presta gran importancia a la calidad y orientación de ventanas. Grandes huecos con buen acristalamiento (predominante la orientación sur) aseguran la captación de energía

en invierno y la reducción de huecos en fachadas al norte es la estrategia propuesta por Passivhaus.

Eso por sí solo no es suficiente, ya que la ejecución tiene una importancia especial.

Control de puentes térmicos

La transmisión de energía (frío y calor) no sólo se da en los elementos generales como paredes o techos, sino que también se da en las esquinas, ejes, juntas, etc.

Los puentes térmicos son lugares de geometría lineal o bien puntual del cerramiento exterior, donde el flujo de energía es más grande respecto a la superficie "normal" del cerramiento. La causa puede ser por ejemplo por cambio de materiales o geometría en el cerramiento. Estos puentes térmicos perjudican la eficiencia energética del elemento constructivo. Para lograr un buen aislamiento térmico efectivo es necesario prestar atención a reducir los efectos de los puentes térmicos.

Siguiendo unas pocas reglas simples es posible eliminar los efectos de los puentes térmicos:

- No interrumpir la capa de aislamiento.
- En las juntas de los elementos constructivos del edificio, la capa de aislamiento debe unirlos y rellenarlos.
- Si interrumpir la capa de aislamiento térmico es inevitable, usar un material con la resistencia térmica más alta posible.
- Los puentes térmicos reducen las temperaturas superficiales de la cara interior de la pared en invierno, esto incrementa el riesgo de formación de moho.
- Los puentes térmicos también pueden minimizarse instalando las ventanas en la capa del aislamiento y cubriendo parte del marco con aislamiento térmico. Sin embargo, debido al cambio de grosor de la capa de aislamiento, es normal que quede un puente térmico en la junta entre la ventana y la pared.

Reducir o evitar los puentes térmicos es en general una cuestión de coste-eficiencia para reducir las pérdidas por transmisión o la transmisión de cargas de calor.

Mediante la aplicación adecuada de aislamiento en el Passivhaus, la transmitancia térmica lineal es reducida a valores por debajo de 0.01 W/mK.

Ventilación mecánica

La ventilación mecánica es un concepto fundamental para edificios de muy bajo consumo energético como es el Passivhaus. Su ventaja reside en la posibilidad de recuperar gran parte de la energía que sale hacia fuera, cuando renovamos el aire utilizado con aire fresco. Este sistema respiratorio del edificio lo denominamos ventilación mecánica con recuperación de calor.

Para minimizar la demanda energética del edificio, se establece una renovación de aire de aprox. $1/3 \text{ h}^{-1}$ (de acuerdo con la EN 15251).

Con este caudal de aire fresco, podemos aportar unos 10 W/m^2 de calor, y 7 W/m^2 de frío en un edificio.

Para edificios de tipología Passivhaus se calcula una demanda de calefacción y refrigeración de aproximadamente $15 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{a}$. Para conseguir este límite hay dos parámetros respecto a la ventilación mecánica con recuperación de calor: uno es la eficiencia de la recuperación, y el otro es el caudal de la renovación por hora en los espacios interiores.

Control de estanqueidad al aire

Orificios en la envolvente del edificio causan un gran número de problemas, particularmente durante los períodos más fríos del año. Flujos de aire del interior al exterior a través de grietas y huecos tienen un alto riesgo de provocar condensaciones en la construcción. Las infiltraciones de aire frío producen también a los usuarios sensación de baja confortabilidad.

Estas infiltraciones de aire frío también incrementan la diferencia de temperatura entre distintos pisos. Debido a que en la mayoría de climas un edificio Passivhaus requiere un soporte mecánico para el suministro continuo de aire del exterior, se requiere una excelente estanqueidad de la envolvente del edificio. Si la envolvente no es suficientemente hermética, el flujo de aire no seguirá los recorridos planteados y la recuperación del calor no trabajará correctamente resultando un consumo energético mayor.

Una buena estanqueidad se consigue mediante un diseño apropiado. Es importante que una sola capa hermética al aire cubra todo el edificio.

La estanqueidad puede comprobarse por el llamado "Blower-door"-Test o prueba de presurización. Consiste en un ventilador colocado en una puerta o ventana exterior creando una diferencia de presión de 50 Pa.

La envolvente exterior del edificio debe tener un resultado de la prueba de la presurización según EN 13829 inferior a 0.6 renovaciones de aire por hora (valor de estanqueidad 50 Pa).

Protección solar y ventilación natural

Para controlar el confort climático en verano, tanto en edificios convencionales como en edificios "Passivhaus" es importante prever sistemas de protección solar y del uso de ventilación natural cruzada como estrategia.

La protección solar de la carpintería puede ser fija o flexible según el diseño del edificio y no debe perjudicar las ganancias térmicas a través del acristalamiento durante el periodo de calefacción.

La eficiencia de la ventilación natural cruzada depende en gran parte de la severidad climática del sitio en verano o bien la diferencia entre las temperaturas nocturnas y diurnas en verano. En lugares de altas diferencias la eficacia de una ventilación natural nocturna es más alta.

Simulación energética con el programa PHPP

A partir de la fase de proyecto se utiliza como herramienta de simulación energética el programa PHPP (Passivhaus Projekting Package), desarrollado por el Passivhausinstitut, Darmstadt, Alemania y traducido a castellano por la Plataforma Edificación Passivhaus (PEP). Esta herramienta hace a base de un cálculo estático una aproximación tanto de la demanda energética de calor y frío como de la demanda total de energía primaria que va a consumir el edificio en uso normal previsto. La herramienta está calibrada por cálculos energéticos de simulaciones dinámicas y comparaciones con monitorizaciones de edificios pasivos construidos.

Control de obra

Un buen control de la ejecución de obra es la clave para que un edificio de estándar Passivhaus dé buenos resultados. Para ello los técnicos hacen un exhaustivo control de obra y además se ejecutan varias pruebas in situ. Afecta a todos los gremios de la obra y en todo momento en el proyecto se hace hincapié en su importancia siendo motivo de reclamaciones en la obra. En este sentido, siempre es mejor una ejecución esmerada de inicio que una costosa rectificación posterior.

EnerPHit

En edificios existentes es un desafío extraordinario conseguir una reducción de demanda energética similar al estándar Passivhaus, EnerPHit. Considerando las dificultades de minimizar puentes térmicos, de conseguir una buena hermeticidad al aire, de tener en cuenta normas urbanísticas, etc. se definen los requisitos de la siguiente manera:

Requisitos

Criterios de certificación para edificios residenciales según estándar Passivhaus y EnerPHit.

Un edificio Passivhaus es aquel en el cual se alcanzan en todo momento unas condiciones interiores de confort con un gasto mínimo de energía. Se requiere un mayor esfuerzo en su concepción, diseño y ejecución. Un edificio Passivhaus puede certificarse si se cumplen los requisitos de calidad exigidos.

A continuación se describen los criterios de certificación para edificios residenciales: (Los criterios para edificios no residenciales pueden consultarse en: www.passiv.de)

Calefacción

Concepto	Estándar Passivhaus	EnerPHit
Demanda de calefacción:	$\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	$\leq 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
o alternativamente Carga de calefacción:	$\leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$	

Refrigeración¹ (incluido deshumidificación²)

Concepto	Estándar Passivhaus	EnerPHit
Demanda de refrigeración total:	$\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	$\leq 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
o alternativamente Carga de refrigeración:	$\leq 10 \text{ W}/\text{m}^2$	
y demanda de refrigeración	$\leq 4 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a} \cdot \text{K}) \cdot \delta_e + 2 \cdot 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{a} \cdot \text{K}) \cdot \text{TGH} - 75 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a} \cdot \text{K})$	
pero no mayor de:	$45 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) + 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{a} \cdot \text{K})$	

Energía primaria

Concepto	Estándar Passivhaus	EnerPHit
Demanda energía primaria para calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria, energía auxiliar, electricidad:	$\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	$\leq 120 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a}) + ((Q_{\text{Cal}} - 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})) 1,2)$

Hermeticidad

Concepto	Estándar Passivhaus	EnerPHit
Valor n_{50} (en el test de presurización)	$\leq 0,6 \text{ h}^{-1}$	$\leq 1,0 \text{ h}^{-1}$

¹ Los criterios para la refrigeración y deshumidificación son previos y se debe ajustar según conocimientos crecientes. Las exigencias consideradas por cada edificio se calculan automáticamente en el programa PHPP.

$\bar{\theta}_e$: Temperatura media anual exterior

TGH: "Grados Día Secos" (Integral de tiempo en que la diferencia de la temperatura de rocío y de referencia (13°C) durante todo el periodo sale positiva)

² Exigencia parcial de deshumidificación describe expresión $0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{a} \cdot \text{K}) \cdot \text{TGH}$

Introducción y contexto

Los promotores querían reformar su vivienda habitual y aparte de una reorganización de la planta mejorar considerablemente las calidades de la envolvente en aspectos térmicos y acústicos. La propuesta de aplicar los principios de estándar Passivhaus encajaba con la idea principal. En una primera fase se admitió que el sobrecoste de la inversión estimada estaba dentro los límites del presupuesto de la obra.

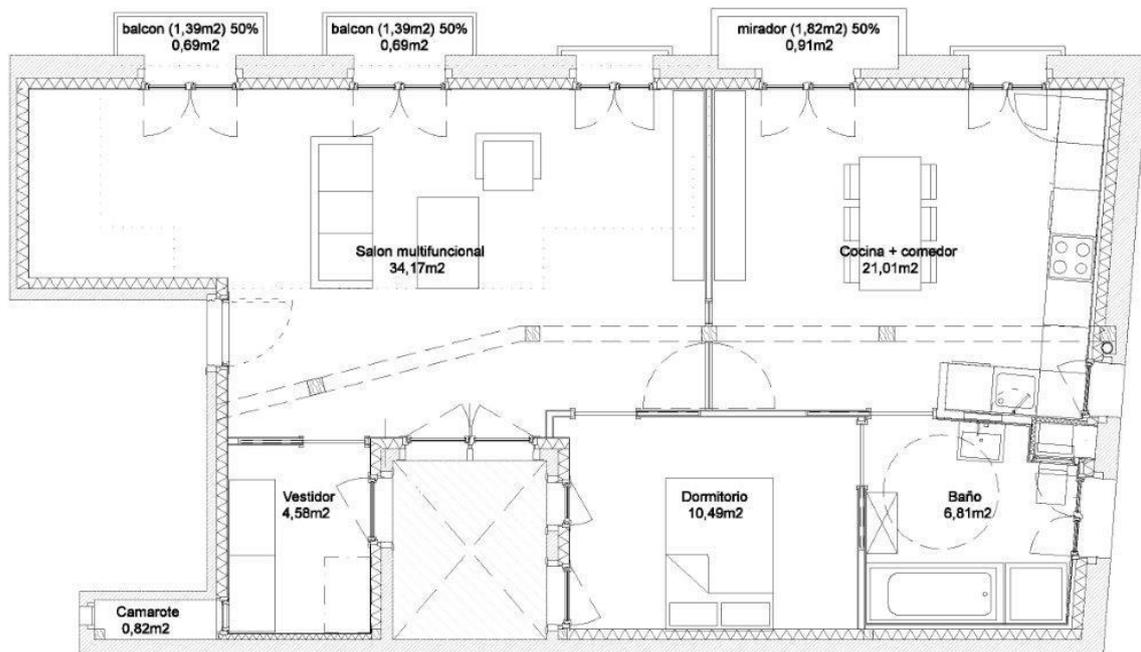


Foto: Nueva planta – Fuente: Bernd Nitsch y Wolfgang Berger

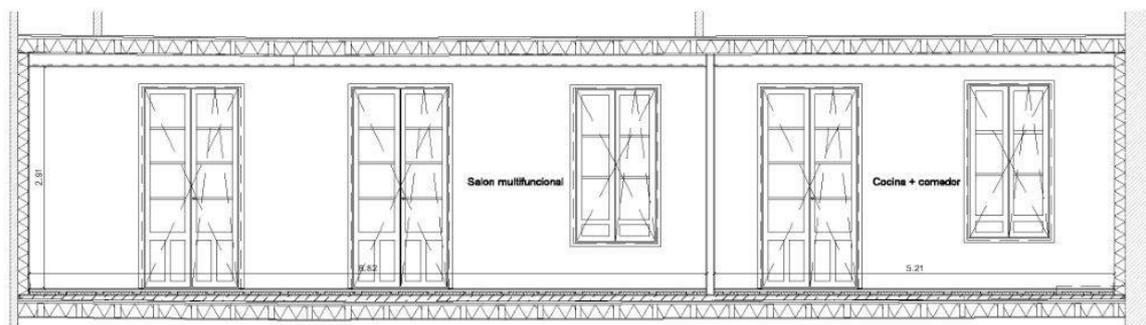


Foto: Seccion – Fuente: Bernd Nitsch y Wolfgang Berger

El edificio en que está situada la vivienda se construyó al inicio del siglo pasado en el barrio de San Francisco de Bilbao. Como era uso en aquellos tiempos se ha utilizado muros de carga de ladrillo macizo en el perímetro y estructura de madera en el interior del

edificio. Hoy en día se ha protegido partes de la fachada. Con lo cual se tenía que ajustar en el diseño a lo que ya estaba realizado.

Al efecto de la protección de la fachada y siendo una obra singular dentro del bloque, todas las actuaciones en las mejoras de aislamiento térmico tendrían que elaborarse hacia el interior de la vivienda con lo cual se disminuyó la superficie útil de la misma. En el transcurso del siglo se han provocado algunos asentamientos singulares en el centro del edificio que causó un desnivel hasta 12cm dentro del piso. Además tiene la particularidad que partes del forjado superior linda a otros pisos (calefactados) y otras zonas no calefactadas que dificultó en el primer momento una calculo energético más exacto.

Un primer análisis con clima de Bilbao en el programa de simulación energética (PHPP) ha dado resultados de espesores de aislamiento en las paredes entre 12 y 16cm dependiendo del material aislante y la exposición de la pared.

Valores específicos en relación a la superficie de referencia energética			
Superficie de referencia energética (SRE):	79,2 m ²		
	Aplicado:	Método anual	Certificado PassivHaus: ¿Se cumple?
Demanda específica de calefacción	18	kWh/(m²a)	15 kWh/(m²a) No
Resultado del ensayo de presión	1,0	h⁻¹	0,6 h⁻¹ No
Valor específico de energía primaria (EP) (AC, Calefacción, Refrigeración, Electricidad y Electricidad auxiliar):	91	kWh/(m²a)	120 kWh/(m²a) SI
Valor específico de EP (AC, calefacción, electricidad auxiliar):	50	kWh/(m ² a)	
Ahorro de EP por la producción propia de energía solar fotovoltaica:		kWh/(m ² a)	
Carga de Calefacción:	11	W/m ²	
Frecuencia de sobre-calentamiento en verano:	0	%	
Demanda específica de refrigeración:		kWh/(m ² a)	
Carga de refrigeración:	5	W/m ²	

por encima de 25 °C kWh/(m²a)

Foto: Resultado del PHPP – Fuente: Bernd Nitsch y Wolfgang Berger

Se diseñaron propuestas respetando estos primeros resultados del cálculo. Una vez finalizada la nueva ordenación de espacios se desarrollaron las instalaciones, sobre todo la instalación del sistema de ventilación y de producción de agua caliente a través de una caldera de gas. Este hecho implicaba una solución especial para garantizar el concepto de hermeticidad en toda la vivienda.

En el piso se planificó la instalación de solo un radiador y la previsión de algunos más en caso de que las necesidades superasen las capacidades instaladas. La experiencia en proyectos Passivhaus indica que se sobredimensiona la instalación de calefacción para mantener el confort térmico en toda la casa.



Foto: Cocina con estructura principal – Fuente: Bau Passivhaus sl



Foto: Sala con estructura principal – Fuente: Bau Passivhaus sl

El proceso de obra

Al inicio se hizo un vaciado del piso en toda la tabiquería interior, se quitaron falsos techos y todas las instalaciones existentes. Además se desmontaron las ventanas existentes.



Foto: Fase de derribo – Fuente: Bernd Nitsch y Wolfgang Berger



Foto: Tratamiento del suelo – Fuente: Bernd Nitsch y Wolfgang Berger

Después se niveló el suelo en todo el piso con hormigón aligerado.

Se colocó un trasdosado de aislamiento en todo el perímetro de la casa de diferentes espesores dependiendo del tipo de pared (exteriores, medianeras, escalera común, etc.). Al mismo tiempo se cambiaron las ventanas situándolas en la línea del aislamiento, lo que causó un retranqueo respecto a las carpinterías anteriores.

Se colocó una pantalla de freno de vapor que al mismo tiempo sirve también como capa hermética tanto en las paredes como el techo. Se vinculó las ventanas con la capa hermética. Se aisló estas zonas con aislamiento de fibra de celulosa.

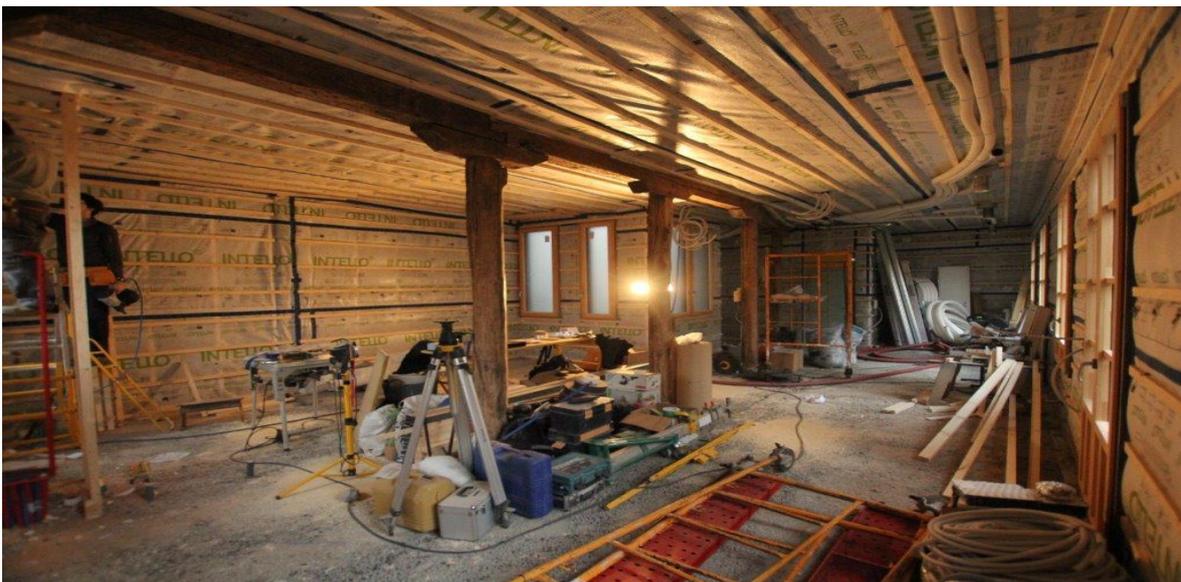


Foto: Trasdoso – Fuente: Bernd Nitsch y Wolfgang Berger

Se llevó a cabo una primera prueba de presurización para detectar posibles deficiencias en la capa de hermeticidad

Posteriormente se preinstaló el sistema de ventilación, electricidad, gas y fontanería.

Los revestimientos de trasdosado, falso techo y tabiquería están compuestos de placas de cartón y yeso. Los suelos, excepto el del baño, son de madera maciza puesta sobre una capa de fibra de madera con rastreles incorporados.

En la etapa final se volvió a realizar un test de hermeticidad para comprobar la cantidad de las infiltraciones indeseadas en la obra. Además se comprobó el equilibrio de los caudales del sistema de ventilación y su distribución prevista en cada estancia.



Foto: Test de BlowerDoor – Fuente: Bau Passivhaus



Foto: Cajón de la caldera – Fuente: Bau Passivhaus



Foto: Instalación de ventilación–Fuente: Bau Passivhaus

Conclusión

Es posible conseguir el estándar Passivhaus (EnerPHit) en la rehabilitación de una vivienda a pesar de las dificultades propias de trabajar en una obra de estas características.

El coste económico de este estándar en rehabilitación, con las aportaciones que nos da tanto en confort como en ahorro energético, se puede considerar equiparable a los precios de mercado habituales.

El resultado final es un hábitat dónde el usuario final valora más el confort que el elevado ahorro energético.

Contacto

Wolfgang Berger

www.baupassivhaus.com
info@baupassivhaus.com



vive + calidad de vida