

EL PASSIVHAUS RENUEVA EL MODERNISMO

Clavero Bosque, Bega¹; Style, Oliver¹; Olano Lafita, Lucía²

¹ Progetic, Barcelona, España

² LUCIA OLANO ARQUITECTA, Barcelona, España

PALABRAS CLAVE: Passivhaus, NZEB, EECN, Modernismo

RESUMEN

Se presenta la rehabilitación energética de una finca histórica en Barcelona, bajo los parámetros de EnerPHit por demandas que establece el Estándar Passivhaus. El edificio, data de principios del siglo XX y tiene una superficie construida de 303 m², distribuida en PB + 3PP. El objetivo de este proyecto ha sido crear una vivienda lo más eficiente posible y recuperar el aspecto modernista del edificio original, perdido en varias reformas. Para ello, se ha utilizado el sistema SATE como vehículo para la creación de relieves y cornisas en la fachada y carpinterías de altas prestaciones que recrean el aspecto de la época (p.e. falsos parteluces, etc.). Se presentarán las estrategias pasivas (aislamiento térmico, protección solar, hermeticidad), y las instalaciones (climatización con aerotermia, pared radiante, deshumidificación y radiadores de baja temperatura) que varían según las posibilidades de implantación en cada zona de la vivienda.

INTRODUCCIÓN

El parque de viviendas en necesidad de rehabilitación integral crece a nivel nacional año tras año, con cifras tales como que el 16,21% del total de edificios anteriores a 1980 se encuentran en un estado ruinoso, malo o deficiente. La rehabilitación o sustitución de un elemento constructivo por otro de mejores prestaciones térmicas, sin considerar el edificio de manera integral, puede crear un problema mayor. Por ejemplo, el cambio de ventanas como medida única, puede llevar a patologías y daños relacionados con la humedad y las condensaciones, si no se combina con la ventilación mecánica: al sustituir ventanas, se reducen las infiltraciones, y sin una ventilación adecuada, la humedad relativa del aire interior aumenta, condensando sobre superficies frías.

EnerPHit ofrece una metodología bien definida para acometer las rehabilitaciones: EnerPHit por demandas, EnerPHit por componentes y EnerPHit paso por paso, con directrices claras para evitar patologías.

REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE UNA FINCA HISTÓRICA

Se presenta la rehabilitación energética de una finca histórica en Barcelona, bajo los parámetros de EnerPHit por demandas que establece el Estándar Passivhaus. El edificio, data de principios del siglo XX y tiene una superficie construida de 303 m², distribuida en PB + 3PP. El objetivo de este proyecto ha sido crear una vivienda lo más eficiente posible y recuperar el aspecto modernista del edificio original, perdido en varias reformas. Para ello, se ha utilizado el sistema SATE como vehículo para la creación de relieves y cornisas en la fachada y carpinterías de altas prestaciones que recrean el aspecto de la época (p.e. falsos parteluces, etc.). Se presentarán las estrategias pasivas (aislamiento térmico, protección solar, hermeticidad), y las instalaciones (climatización con aerotermia, pared radiante, deshumidificación y radiadores de baja temperatura) que varían según las posibilidades de implantación en cada zona de la vivienda.

Sistemas pasivos: La recuperación del patrimonio arquitectónico

Después de un proceso de documentación sobre la finca y copiando el aspecto de su finca hermana, al otro lado de la calle, se ha recuperado la fachada lisa con molduras imitando a las originales. La ampliación posterior, así como la remonta de las plantas 2 y 3, se ha separado estéticamente de la vivienda original, mediante un aspecto sobrio y de líneas rectas.



Figura 1. Vivienda antes de la rehabilitación



Figura 2. Vivienda acabada

Siguiendo los principios del Estándar Passivhaus, se plantean las siguientes medidas pasivas para reducir la demanda energética de la vivienda:

- Aislamiento continuo de los cerramientos exteriores mediante un sistema SATE, siempre que sea posible, y cuando no, mediante un trasdosado interior.



CONTRA

- Aportar hermeticidad al aire a la vivienda, para reducir las infiltraciones de aire exterior no atemperado, mediante el diseño y la ejecución de una capa hermética continua en los cerramientos exteriores.
- Identificación y minimización de los puentes térmicos.
- Sustitución de las ventanas por conjuntos de carpintería y cristal de altas prestaciones.
- Protecciones solares y vidrios de control solar.
- Ventilación mecánica controlada de doble flujo, con recuperación de calor de alta eficiencia.

En cuanto al aislamiento, se ha utilizado el SATE con una doble función, como aislamiento principal de los muros de la vivienda y como elemento moldeable que ha conformado la fachada: Se han realizado vueltas, esquinas curvas y relieves (Figura 3, Figura 4). El aislamiento es de EPS con grafito, de 120 mm de espesor, con una conductividad térmica de $0,032 \text{ W/m}\cdot\text{K}$. En la fachada medianera, se ha aislado por el interior con un trasdosado de lana mineral ($\lambda = 0,032 \text{ W/m}\cdot\text{K}$).

En la fachada Oeste, que da a la vía pública, al no poderse instalar SATE, se optó por insuflar lana mineral ($\lambda = 0,034 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) en la cámara de aire existente, de 110 mm de espesor.



Figura 3. Sobre-aislamiento de los arcos de las ventanas originales



Figura 4. Molduras y curvas en jambas y dinteles de las ventanas

Con el propósito de que los acabados fuesen en consonancia con la época de la vivienda, se optó por un acabado en mortero de cal. Cabe destacar también, el uso de materiales tradicionales en los acabados interiores, como el enlucido de yeso en muros y suelos con mortero de cal, materiales que ayudan a regular higo-térmicamente la vivienda y aportan un gran confort.



Las carpinterías han sido otro punto clave: se han fabricado carpinterías de madera con el dintel curvo, que recuerdan la estética modernista, pero de altas prestaciones térmicas. Dichas prestaciones, se consiguen mediante un perfil de madera de 78 mm de espesor, que enmarca un solo vidrio por hoja, disimulado mediante falsos parteluces (Figura 5). Los parteluces son en realidad intercalarios colocados estratégicamente entre las dos hojas del acristalamiento y acabados al exterior con un listón de madera fijado a los laterales. Sumado a una cuidada instalación de la carpintería, donde se ha reducido el puente térmico mediante el sobre-aislamiento del marco y la instalación de cintas pre-comprimidas, se consigue un elemento arquitectónico con una transmitancia de ventana instalada de $U_w = 1,37 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (Figura 6, Figura 8).

Para el control de la radiación solar, se han previsto porticones tradicionales con lamas regulables, en las ventanas de la fachada Oeste y vidrios de control solar con persianas venecianas en la Planta 3, que tiene grandes aperturas.



Figura 5. Balconera de Planta Baja



Figura 6. Sobre-aislamiento del alféizar con SATE

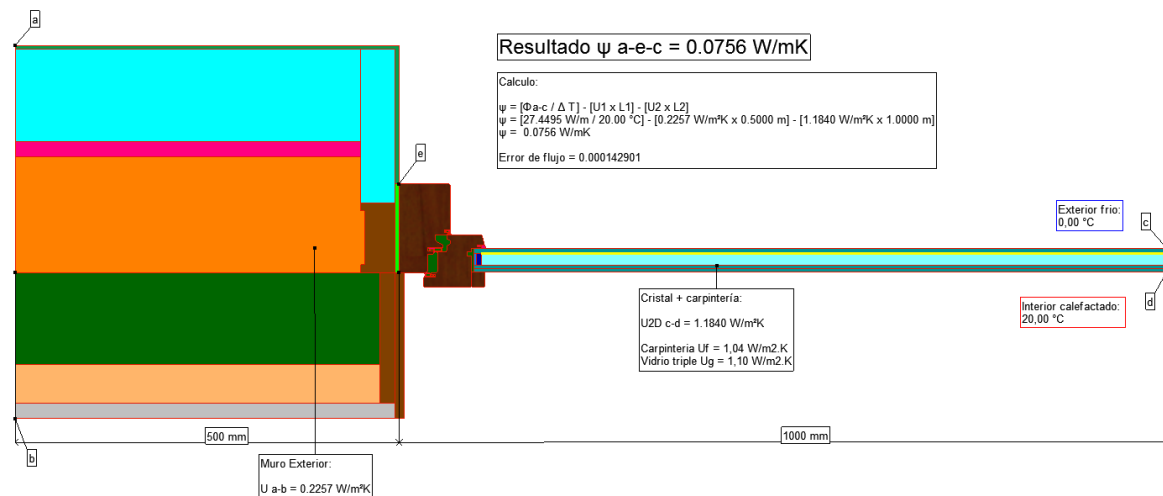


Figura 7. Cálculo de puente térmico de instalación de ventana en la jamba

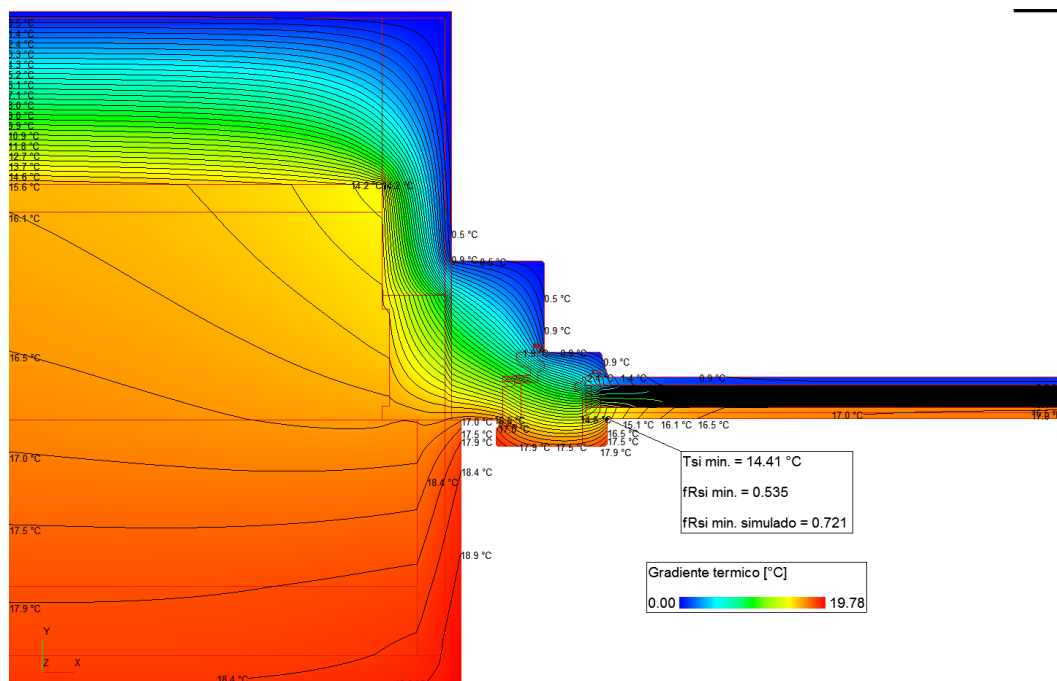


Figura 8. Cálculo de temperatura superficial, confort & higiene



CONTRA

La estrategia de hermeticidad se ha planteado por el interior de la vivienda, creando una capa hermética continua que varía de material según el tipo de cerramiento. Se ha conseguido un resultado en el Test Blower Door de 1,60 renovaciones por hora.

La capa hermética se compone de:

- Aislamiento PIR sobre la solera de poro cerrado, encintado entre sí y sellado con pintura hermética en la junta con los muros.
- Enlucido de yeso denso en los muros exteriores y paredes maestras interiores, aplicado sobre el paramento de ladrillo existente.
- Cinta precomprimida y pintura hermética entre las carpinterías, que son de Clase 4 de hermeticidad al aire, y en la junta entre la carpintería, pre-marco y muros exteriores.
- Chapa metálica en la cubierta del estudio, con piezas selladas entre sí con pintura hermética.

Sistemas activos: confort en un clima cálido-húmedo

Como primer paso en la proyección de los sistemas de climatización, se realizó un cálculo de las cargas térmicas de calefacción y refrigeración con un modelo multi-zona, usando la herramienta de cálculo termo-dinámico DesignBuilder-EnergyPlus. Las condiciones de cálculo y los resultados se muestran en la Tabla 1. Se calibró el PHPP para reflejar las mismas condiciones de cálculo, para comparar resultados. Destaca la carga térmica máxima de refrigeración de 55 W/m² en la cocina, debido a su orientación al oeste y las altas ganancias internas por los equipos (horno, nevera etc.).

Se optó por el siguiente sistema de climatización y renovación de aire:

- Generador térmico: bomba de calor aerotérmica de 8kW potencia nominal (Figura 9)
- Deshumidificadores: 2 deshumidificadores de 350 m³/h caudal nominal (Figura 10)
- Elementos terminales: pared & techo radiante + radiadores de baja temperatura (Figura 11, Figura 12)
- Renovación de aire: recuperador entálpico de 600 m³/h caudal nominal

La solución escogida cubría las cargas térmicas máximas y cumplía con el (poco) espacio disponible y el confort que buscaba la promotora. El sistema cuenta con un sistema de control con mini-server, para la integración de los equipos y el control de la deshumidificación en verano. El caudal de ventilación se controlará con una sonda de CO₂ en el conducto de retorno del aire viciado, que aumenta caudal cuando se supera la consigna de 900 PPM's de CO₂.

Tabla 1. Cargas térmicas de calefacción y refrigeración, DesignBuilder & PHPP

	T. aire ext. [°C]	T. aire int. [°C]	¿Ganancias solares & internas?	Carga DesignBuilder [W/m2]	Carga PHPP [W/m2]
<i>Carga calefacción mínima</i>	0 °C	21 °C	No	12	-
Carga calefacción media				25	26
<i>Carga calefacción máxima</i>				39	-
<i>Carga refrigeración mínima</i>	34 °C	24 °C	Sí	14	-
Carga refrigeración media				32	28
<i>Carga refrigeración máxima</i>				55	-



Figura 9. Unidad exterior de la bomba de calor



Figura 10. Deshumidificador



Figura 11. Techo radiante



Figura 12. Pared radiante

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El resultado es una vivienda rehabilitada siguiendo el estándar Passivhaus, con una demanda energética baja y unas instalaciones de alta eficiencia energética:

- **Demanda de calefacción:** 19 kWh/m²·a
- **Demanda de refrigeración:** 23 kWh/m²·a
- **Consumo de energía primaria no renovable:** 83 kWh/m²·a

Si comparamos la rehabilitación energética bajo el Estándar Passivhaus EnerPHit con la realización de la rehabilitación siguiendo los parámetros mínimos exigidos por el CTE para una vivienda a rehabilitar en el clima de Barcelona, la diferencia en la factura energética anual es importante. A continuación, comparamos ambas facturas energéticas, con unas instalaciones similares de climatización aunque adaptadas a las cargas térmicas del caso siguiendo el CTE y con un sistema de ventilación de extracción de flujo simple y ventanas con aireadores:

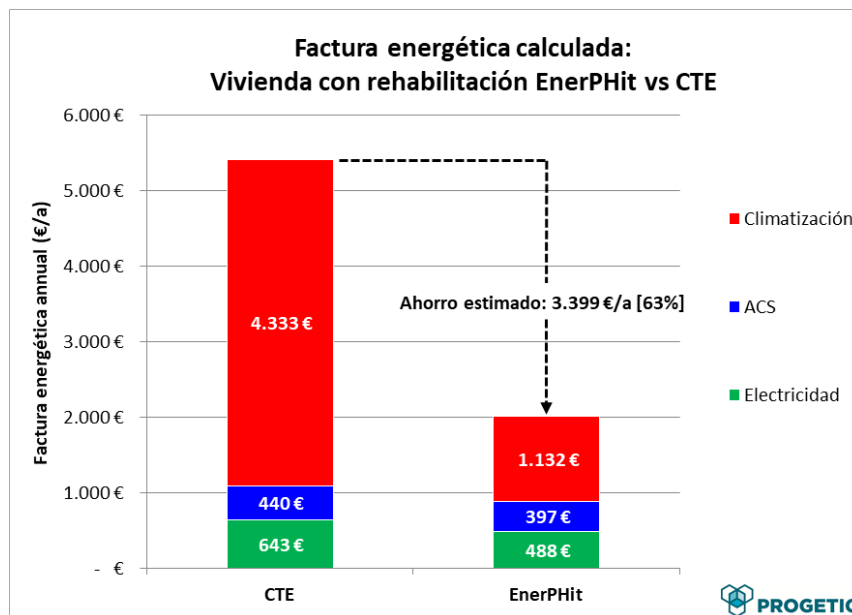


Figura 13. Cálculo de puente térmico de instalación de ventana en la jamba

Se comprueba, que, aun siendo el coste de la rehabilitación algo más elevado, entorno a 2.500 €/m², el ahorro anual debido a la operación de la vivienda es importante.

A estos resultados se suma la recuperación del patrimonio de la ciudad, demostrando que hay soluciones factibles en obra y que existen productos y sistemas adaptables para la rehabilitación energética de edificios patrimoniales y con alto valor histórico.

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

- **SATE:** Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior
- **EnerPHit:** Certificación Passivhaus para edificios rehabilitados
- **EPS:** Aislamiento, Poliestireno Extruido
- **PIR:** Aislamiento, Poliisocianurato
- **PPM:** Partículas por millón