

# Vivienda Unifamiliar pasiva en Etxauri

## Project Documentation Documentación de proyecto



### 1 Abstract / Resumen



**Detached single family house in Etxauri, Navarra**

#### 1.1 Data of building / Datos de la construcción

Year of construction/ Año de construcción	2017	<b>Space heating / Heizwärmebedarf</b>	<b>10 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>
U-value external wall/ Valor-U de la fachada	0,161 W/(m <sup>2</sup> K)		
U-value basement ceiling/ Valor-U de la solera	0,197 W/(m <sup>2</sup> K)	<b>Primary Energy Renewable (PER) / Erneuerbare Primärenergie (PER)</b>	43 kWh/(m <sup>2</sup> a)
U-value roof/ Valor-U de la cubierta	0,147 W/(m <sup>2</sup> K)	<b>Generation of renewable energy / Erzeugung erneuerb. Energie</b>	-
U-value window/ Valor-U de las ventanas	0,95 W/(m <sup>2</sup> K)	<b>Non-renewable Primary Energy (PE) / Nicht erneuerbare Primärenergie (PE)</b>	68 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Heat recovery/ Recuperación de calor	86 %	Pressure test n <sub>50</sub> / Drucktest n <sub>50</sub>	0,3 h-1
Special features	Supply air heating using a low-consumption electric post-heating battery		

## 1.2 Brief Description ...

### Detached single family house in Etxauri, Navarra

We received by the promoters the order of designing a single-family project in Etxauri, Navarra.

We projected a building on ground and first floor, with a typological and constructive design that allows to minimize the energy consumption of the house. We made use of natural materials, healthy and with low environmental impact, to promote a healthy and comfortable interior.

The efficiency of the house was a determining factor in all design decisions. A compact dwelling, protected from the northwest wind, is projected with a façade with few and small windows towards the north, and generous glazing towards the south. On the other hand, we tried to differentiate the character of the different facades, granting each one the degree of privacy that was required by their position and relationship, either with the public roads to which the dwelling faces, the neighboring plots, or the private garden.

The cover is solved in a traditional way, with slopes towards north and south. It is finished with mixed reddish tile.

## 1.2 Breve descripción del proyecto

### Vivienda unifamiliar pasiva en Etxauri, Navarra

Se recibe por parte de la pareja de promotores el encargo de la redacción de un proyecto de vivienda unifamiliar aislada en una parcela de su propiedad en Etxauri, Navarra.

Se proyecta una edificación en planta baja y primera con un diseño tipológico y constructivo que permite minimizar el consumo energético de la vivienda. A su vez, se hace uso de materiales naturales, saludables y de bajo impacto ambiental, para propiciar un ambiente interior sano y confortable.

La eficiencia energética de la vivienda constituye un factor determinante en las decisiones relativas al diseño. Se proyecta una vivienda compacta, protegida del viento noroeste, con una fachada con escasos y reducidos huecos hacia norte, y amplios acristalamientos hacia el sur. Por otra parte, se procura diferenciar el carácter de las diferentes fachadas, otorgando a cada una el grado de privacidad que le es requerido por su posición y relación, bien con las vías públicas a las que la vivienda da frente, las parcelas vecinas, o el jardín privado.

La cubierta se resuelve a dos aguas, con faldones continuos y aleros, y pendientes hacia norte y sur. Se remata con teja mixta de color rojizo.

### 1.3 Responsible project participants / Verantwortliche Projektbeteiligte

Architect/ Arquitectura	Araiz Floristán Arquitectos www.araizfloristan.com	
Implementation planning/ Planificación	MADERGIA www.madergia.com	
Building systems/ Sistema constructivo	MADERGIA www.madergia.com	
Structural engineering/ Ingeniería estructural	MADERGIA www.madergia.com	
Building physics/ Cálculo	MADERGIA www.madergia.com	
Passive House project planning/ Planificación Passivhaus	MADERGIA – Dipl-ing-Jaime Canfrán Larriba www.madergia.com	
Construction management/ Gestión de la construcción	MADERGIA www.madergia.com	
Certifying body/ Certificado Passivhaus	VAND arquitectura www.vandarquitectura.info	
Certification ID/ Código ID de certificación	5660 17913	Project-ID (www.passivehouse-database.org) Project-ID certification
Author of project documentation / Autor de la documentación del proyecto	Jaime Canfrán Larriba	
Date, Signature/ Fecha y firma	Navarra, a 19/06/2018	



## 2 Vistas principales de la Passive House en Etxauri, Navarra

La vista desde la entrada a la parcela se muestra en la página de portada.



**Imagen 1. Fachadas norte y este de la vivienda, con menor cantidad de huecos para minimizar las pérdidas energéticas.**



**Imagen 2. Vista de la fachada sur, con grandes ventanales.**



**Imagen 3. Estructura de madera contralaminada (CLT) en fachadas y cubierta de madera laminada encolada.**



**Imagen 4. Vista interior desde la zona superior de la escalera: biblioteca abierta y salón a doble altura.**

### 3 Sección constructiva de la vivienda pasiva en Etxauri, Navarra

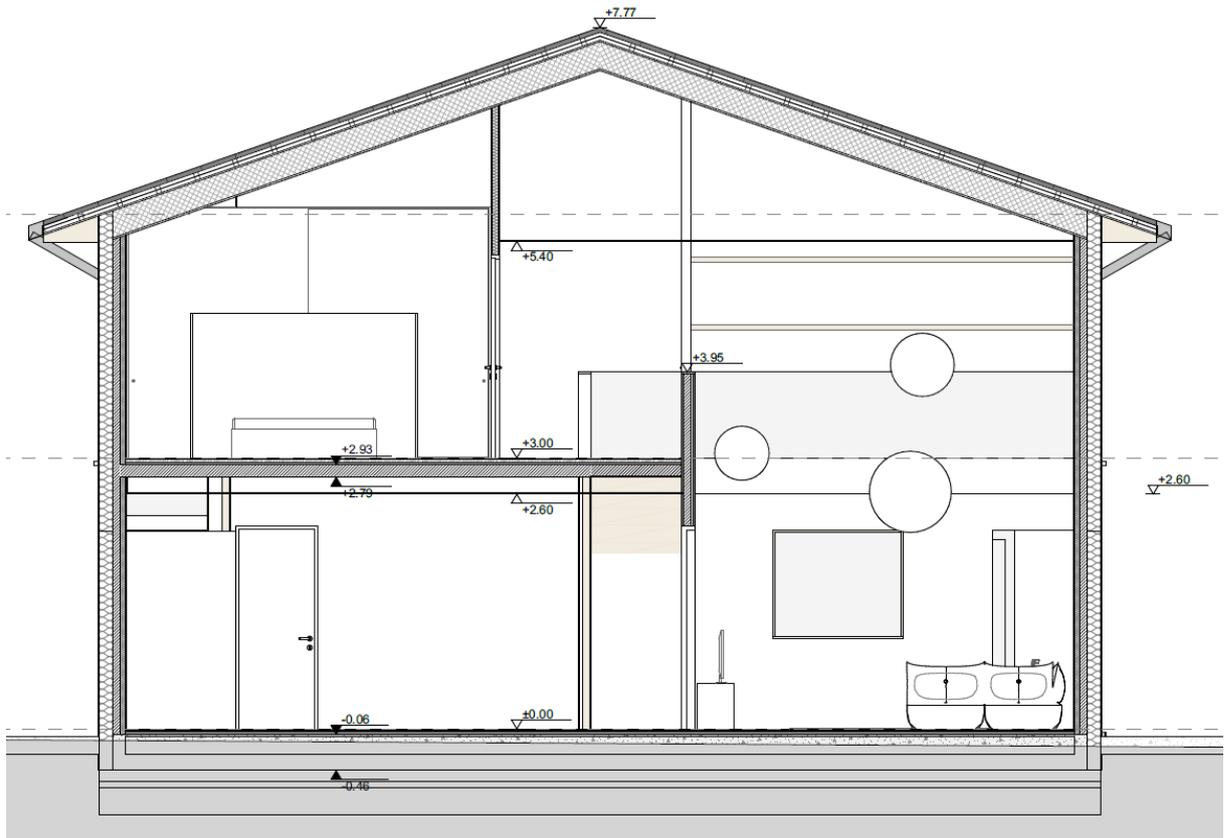


Imagen 5. Sección tipo de la vivienda unifamiliar en Etxauri

En la imagen se muestra un corte transversal de la vivienda unifamiliar pasiva en Etxauri. Se puede apreciar el aislamiento continuo en toda la envolvente. La estructura de madera y el pormenorizado estudio del sistema constructivo permiten minimizar el impacto de los puentes térmicos en todos los encuentros.

Las zonas comunes (cocina, baño, sala de instalaciones, habitación multiusos y salón a doble altura) se encuentran en la planta baja, mientras que la zona de reposo con tres habitaciones y un amplio baño común se encuentran en la planta superior.

La casa no dispone de sótano ni garaje y la superficie en planta es próxima a un cuadrado, lo que implica gran compacidad en la edificación y por consiguiente minimiza las pérdidas a través de la envolvente.

## 4 Planos de planta de la Passive House en Etxauri, Navarra



Imagen 6. Planta baja (izquierda) y Planta primera (derecha)

En la imagen se muestran los planos en planta de la casa pasiva de Etxauri, en Navarra.

Se puede apreciar a la izquierda la planta baja, con las zonas comunes: salón, baño, cocina y sala multiusos. También se encuentra en esta planta la sala de instalaciones, que incluye el sistema de ventilación mecánica controlada con recuperación de calor y la bomba de calor que genera el agua caliente sanitaria que llega a la cocina y los baños de toda la vivienda.

De la máquina encargada de la ventilación mecánica salen los tubos de impulsión y extracción que renuevan el aire de las diferentes estancias, siguiendo una distribución en estrella, para llegar adecuadamente a todas las zonas de la vivienda.

En el plano de la derecha se muestra la planta primera. En ella encontramos un espacio abierto que incluye el distribuidor, biblioteca, escalera y la zona alta del salón a doble altura que ilumina el espacio.

En la zona norte y este de la primera planta, menos calurosas en las noches de verano, se encuentran las tres habitaciones con las que cuenta la vivienda y un segundo baño, comunicados a través de los distribuidores abiertos de la zona común.

## 5 Detalles constructivos de la envolvente de la vivienda pasiva de Etxauri, Navarra

### 5.1 Sistema constructivo, incluyendo el aislamiento de la cimentación, la pared exterior perimetral y la zona de conexión con el terreno y con el ambiente exterior

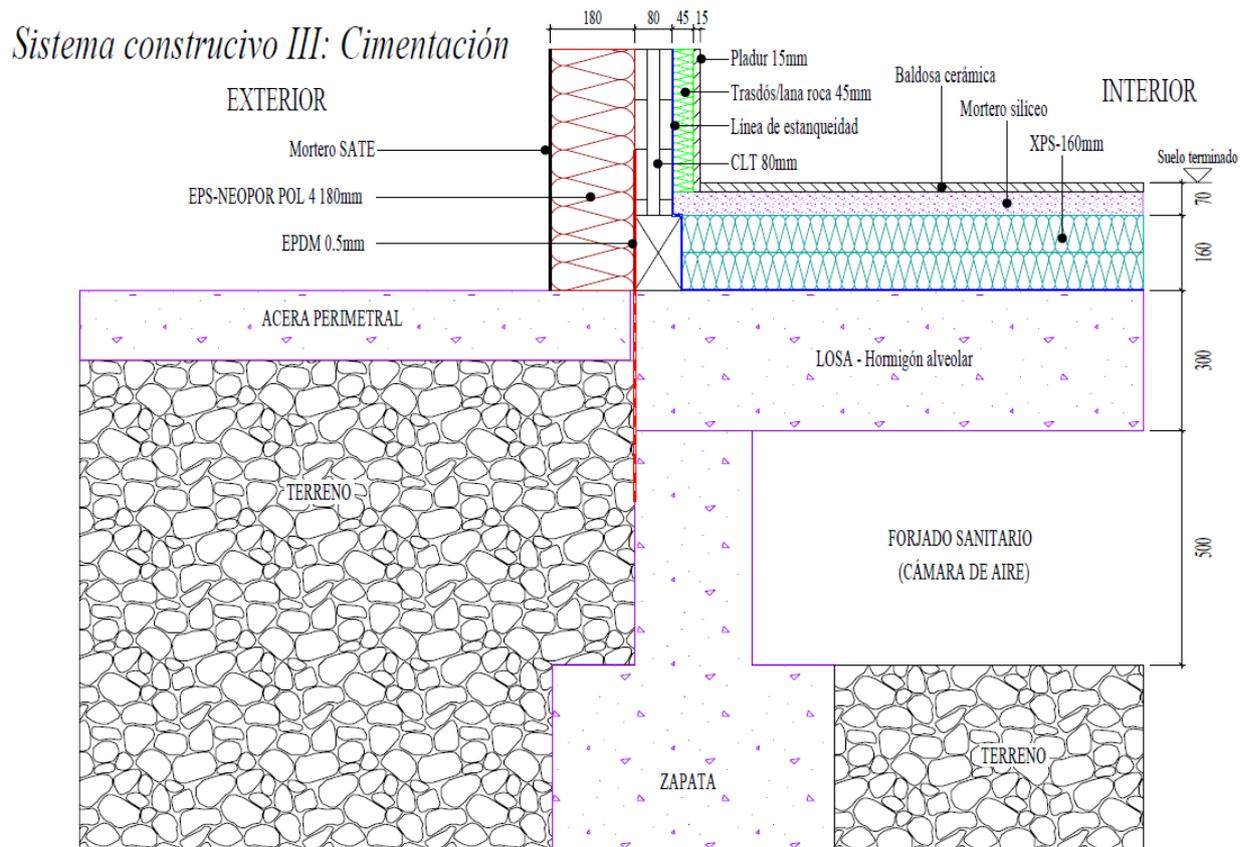


Imagen 7. Detalle constructivo de la cimentación: aislamiento sobre losa y forjado sanitario

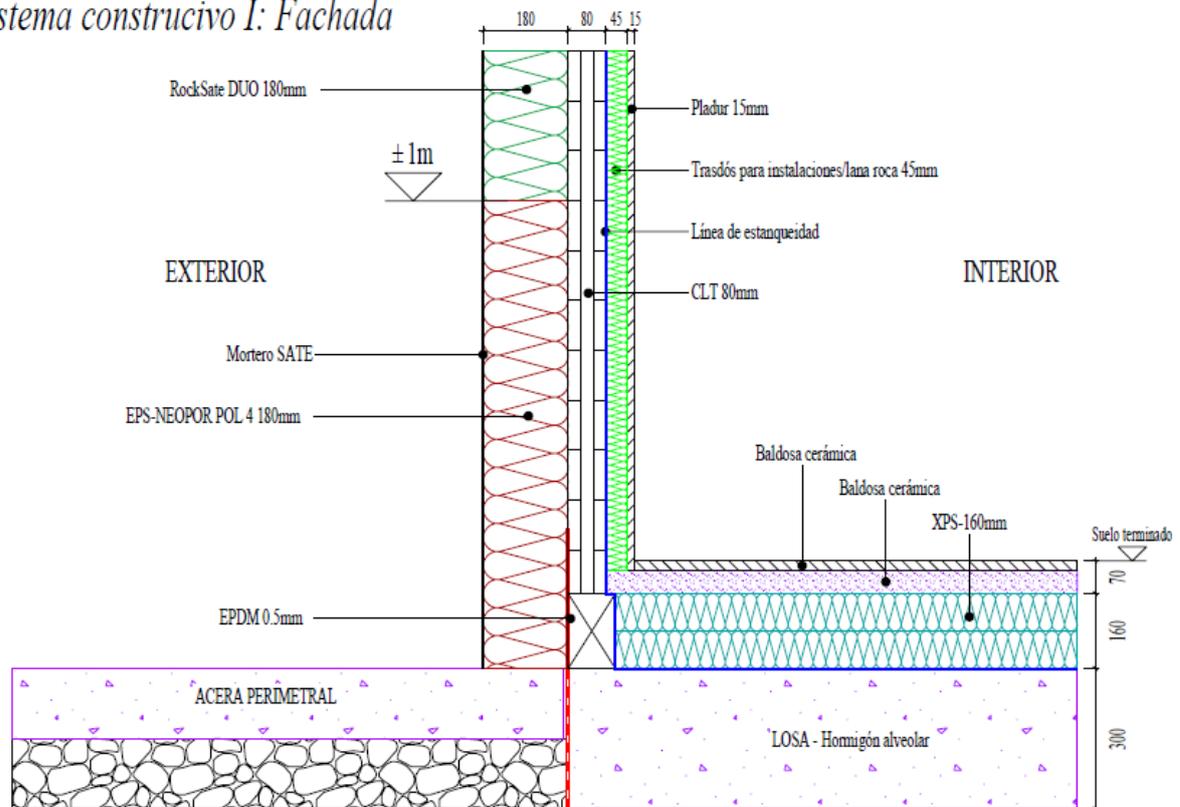
La imagen superior hace referencia al detalle constructivo de cimentación de la casa pasiva de Etxauri, en particular en su conexión con las paredes perimetrales y el terreno.

El aislamiento continuo sobre la losa, unido al empleo de madera como material principal en toda la estructura portante del edificio (un material de baja conductividad térmica), permiten dar continuidad a la envolvente y reducir al mínimo los puentes térmicos en cada encuentro.



## 5.2 Sistema constructivo de la fachada, incluyendo el aislamiento térmico exterior

### *Sistema constructivo I: Fachada*



**Imagen 10. Detalle constructivo de la fachada**

Montaje de pared exterior. Se emplea una pared de panel contralaminado de madera de 8cm de espesor, con trasdosado de pladur interior y cámara de aire rellena de lana mineral, que protege la madera del fuego y refuerza el aislamiento del cerramiento.

Para el exterior se emplea un sistema de aislamiento térmico exterior continuo, a base de EPS hidrófugo para el primer metro de fachada y lana mineral de doble densidad para el resto de la fachada en altura. En el caso de pequeñas discontinuidades se ha sellado las juntas con espuma de poliuretano de conductividad 0,036 W/mk, garantizando la continuidad del aislamiento en todo el cerramiento perimetral.

Finalmente se termina con un mortero acrílico en tonos claros que preserva del sobrecalentamiento por influencia solar en los meses de verano.

El valor U de este conjunto es 0,161 W / (m<sup>2</sup>K), como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Nr. elem. cons.		Fachada				¿Aislamiento interior?	
02ud							
Inclinación del elemento		2-Muro		Resistencia térmica superficial [m <sup>2</sup> K/W]			
Adyacente a		1-Aire exterior		interior R <sub>si</sub>	0,13		
				exterior R <sub>se</sub>	0,04		
Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]	
Pladur	0,250					15	
Montante pladur (Cámara de aire)	0,240	Rastrel metálico	50,000	Lana de roca	0,036	45	
CLT	0,130					80	
EPS-Neopor (SATE)	0,030			Lana de roca	0,036	180	
Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total	
15%		0,3%		84,8%		32,0 cm	
Suplemento al valor-U		0,01 W/(m <sup>2</sup> K)		Valor-U:		0,161 W/(m <sup>2</sup> K)	

**Imagen 11. Valor U de la fachada y desglose por capas y materiales**



**Imagen 12. Detalle constructivo de la fachada: aislamiento de EPS en el zócalo hasta 1m de altura, en el encuentro con la carpintería de madera.**

### 5.3 Sistema constructivo de la cubierta

#### Sistema constructivo II: Cubierta

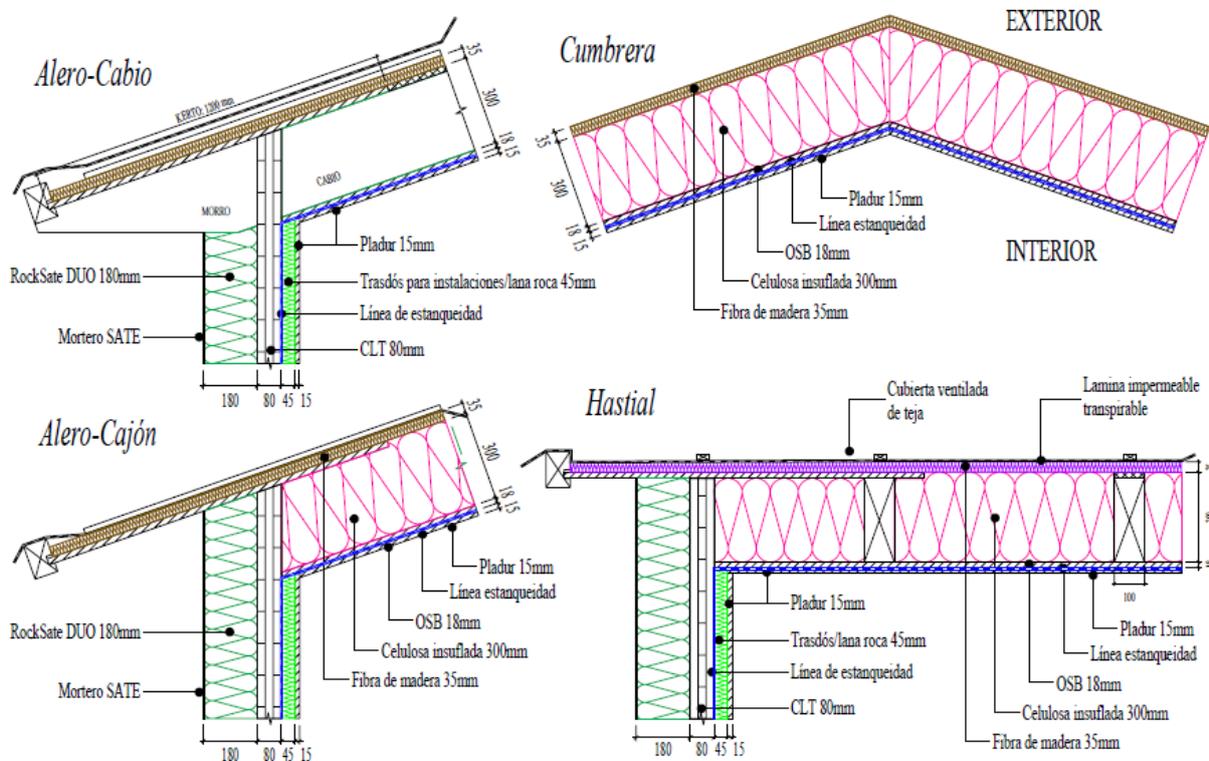


Imagen 13. Sistema constructivo de la cubierta: detalle de aleros y hastiales.

Sistema constructivo de la cubierta de la casa pasiva en Etxauri: se emplea una cubierta de cabios de madera laminada de 30cm de canto a modo de cajón, cerrada en la cara inferior por tablero OSB de 18mm y en la cara superior por tablero aislante de fibra de madera hidrófugo de 35mm. El interior del cajón se rellena con aislamiento de celulosa insuflada.

Sobre la estructura y la capa aislante se emplea lámina impermeable y transpirable especial para cubiertas, doble rastrel a modo de ventilación de la cubierta y teja cerámica tradicional.

Los aleros se terminan con un vuelo de panel microlaminado de abeto de alta resistencia y 2cm de espesor, que permite dar continuidad al aislamiento de fachada hasta la línea superior de la cubierta y eliminar el puente térmico en este punto.

El valor U del conjunto resulta 0,147 W / (m²K).

Nr. elem. cons.		03ud		Cubierta		¿Aislamiento interior?	
Inclinación del elemento		1-Techo		Resistencia térmica superficial [m <sup>2</sup> K/W]			
Adyacente a		1-Aire exterior		Interior R <sub>s</sub>		0,10	
				exterior R <sub>se</sub>		0,04	
Superficie parcial 1	λ [W/mK]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/mK]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/mK]	Espesor (mm)	
Pladur	0,250					15	
Tablero OSB	0,130					18	
Celulosa insuflada	0,040	Cabio	0,130			300	
Fibra de madera	0,048					35	
Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total	
88%		12,0%				36,8 cm	
Suplemento al valor-U		0,01 W/(m <sup>2</sup> K)		Valor-U:		0,147 W/(m <sup>2</sup> K)	

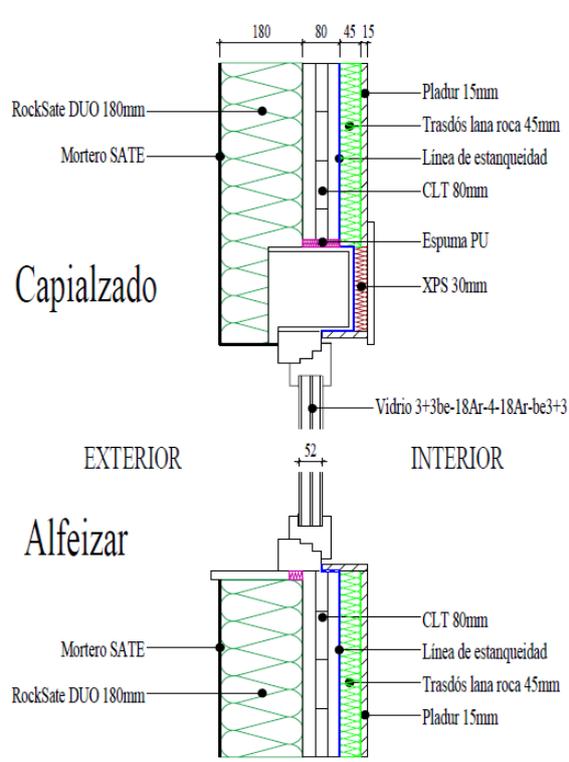
Imagen 14. Valor U de la cubierta



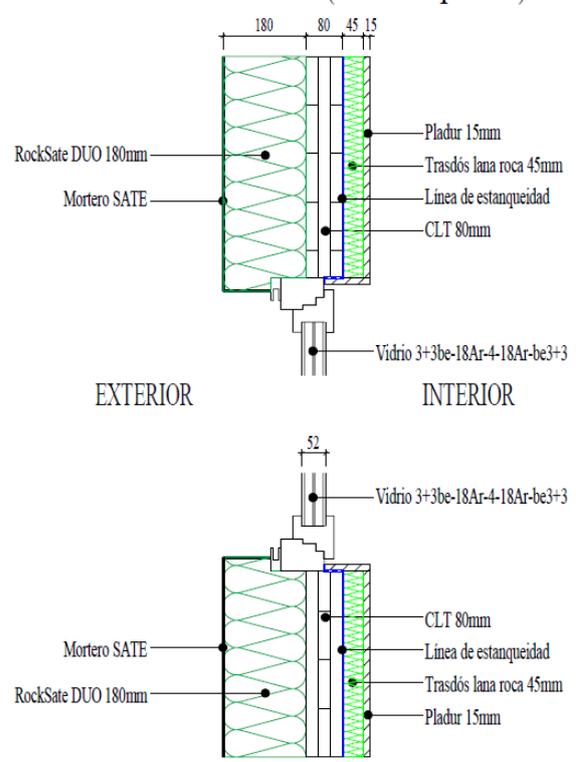
Imagen 15. Insuflado de celulosa desde la cara superior de la cubierta

## 5.4 Secciones de ventana, incluido el plano de instalación

*Detalle instalación de ventana (Secc. vertical)*



*Bordes laterales (vista en planta)*



**Imagen 16. Detalle de instalación de las ventanas de madera**

Para las ventanas se ha empleado un acristalamiento triple de alta eficiencia, con cámaras intermedias rellenas de gas argón. El acristalamiento incluye también doble capa de recubrimiento de baja emisividad, mejorando todavía más las prestaciones térmicas del cerramiento.

El valor  $U_g$  del vidrio es de  $0,53 \text{ W} / (\text{m}^2\text{K})$ , y el valor factor solar  $g = 0,51$ .

Los marcos de madera laminada de pino se unieron directamente a la estructura de madera, solapando el aislamiento de fachada sobre el marco para reducir el puente térmico en este punto.

El empleo de la madera, un material de baja conductividad térmica, como material principal tanto en la estructura como en las carpinterías, arroja valores bajos de pérdidas de calor tanto en las superficies como en los puntos de unión y permite simplificar las fijaciones y eliminar juntas y elementos intermedios como los premarcos.



**Imagen 17. Carpintería exterior de madera instaladas sobre la estructura de panel contralaminado de madera de CLT.**



**Imagen 18. Detalle de instalación de las persianas eléctricas con aislamiento interior y sellado en la junta con la estructura con espuma de poliuretano**

## 6 Descripción de la capa de envolvente hermética y documentación del ensayo Blower door

La hermeticidad en la construcción de una casa pasiva es esencial, para que las pérdidas de calor no controladas sean mínimas. Para ello hay que superar un test de hermeticidad de presión-depresión que arroje valores por debajo de un valor objetivo de 0.6 h-1 a una presión de 50 Pa.

En el caso de la vivienda pasiva de Etxauri se realizó un sellado de hermeticidad por la cara interior de la estructura.

La fachada está compuesta por tablero contralaminado macizo con un alto nivel de hermeticidad, por lo que fue suficiente con sellar las juntas entre paneles con cinta de hermeticidad apta para interior, así como el perímetro de las ventanas en su unión con la estructura.

En la cubierta se empleó bajo cabios panel OSB de 18mm sellando las juntas con cinta de hermeticidad para interior.

Los pasos de instalaciones en solera, fachada y cubierta fueron minimizados, estudiados caso por caso y cuidadosamente sellados.



**Imagen 19. Detalle de ejecución de la hermeticidad en la cara interior de la estructura: Sellado de juntas en fachada y cubierta con cinta hermética para interior**

El resultado del test blower door obtenido en el ensayo final de la construcción, con la vivienda terminada y lista para entrar a vivir por parte de los nuevos propietarios, fue de 0,3 h-1 a una presión de 50 Pa. Durante la construcción se realizó un test previo para comprobar que todo estuviera correctamente sellado y el resultado fue prácticamente idéntico al realizado en la última fase de la construcción.

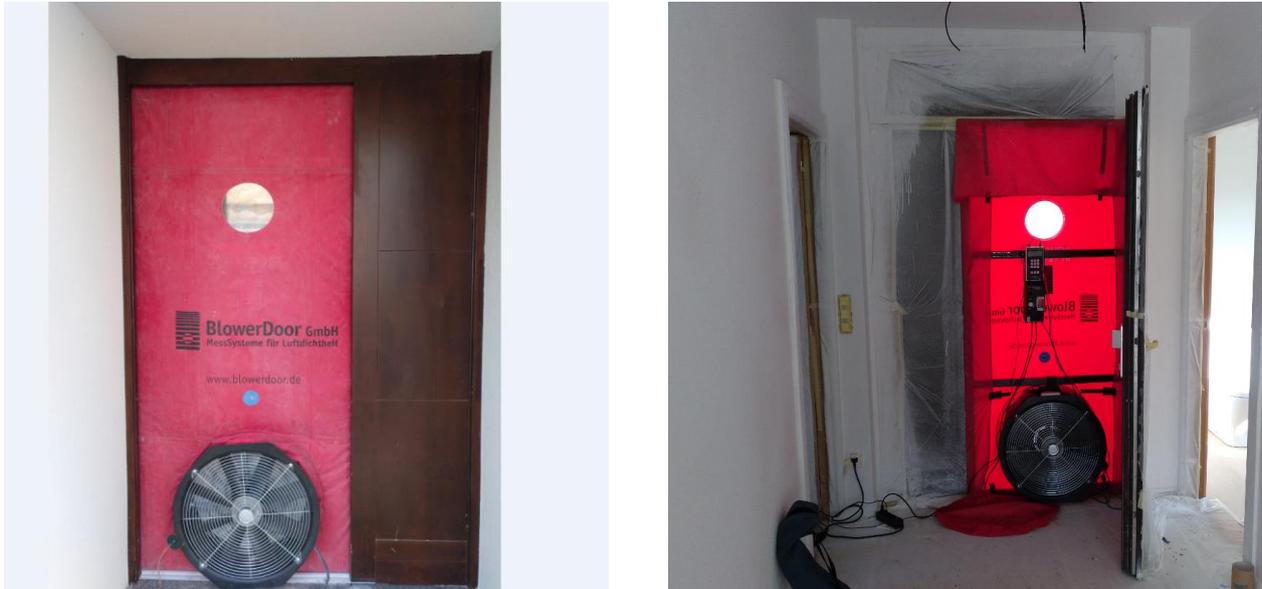


Imagen 20. Imágenes de la prueba de hermeticidad por el interior y exterior de la vivienda

## CERTIFICADO

TEST BLOWER DOOR

### EDIFICIO OBJETO:

Unifamiliar Etxauri  
C/Romana Basterra 2D

### CLIENTE:

Madergia  
c/Berriozar 21 of 38  
Asoain

Fecha del Test: 26-2-2018

Tasa de Renovación de Aire a 50 Pascales (n50)

METODO A

MORMATIVA Según norma EN 13829  
Test sobre edificio en uso

**n50 1/H = 0,3**

Imagen 21. Resultados finales del test de hermeticidad de la vivienda pasiva de Exauri

## 7 Planificación de la ventilación y los conductos

Con el fin de reducir las pérdidas de calor a través de la ventilación, se instaló un sistema de ventilación mecánica de doble flujo con intercambiador de calor aire-aire altamente eficiente. La tasa de recuperación de calor del sistema empleado supera ampliamente el 80%.



**Imagen 22. Cuarto de instalaciones de la vivienda pasiva de Exauri**

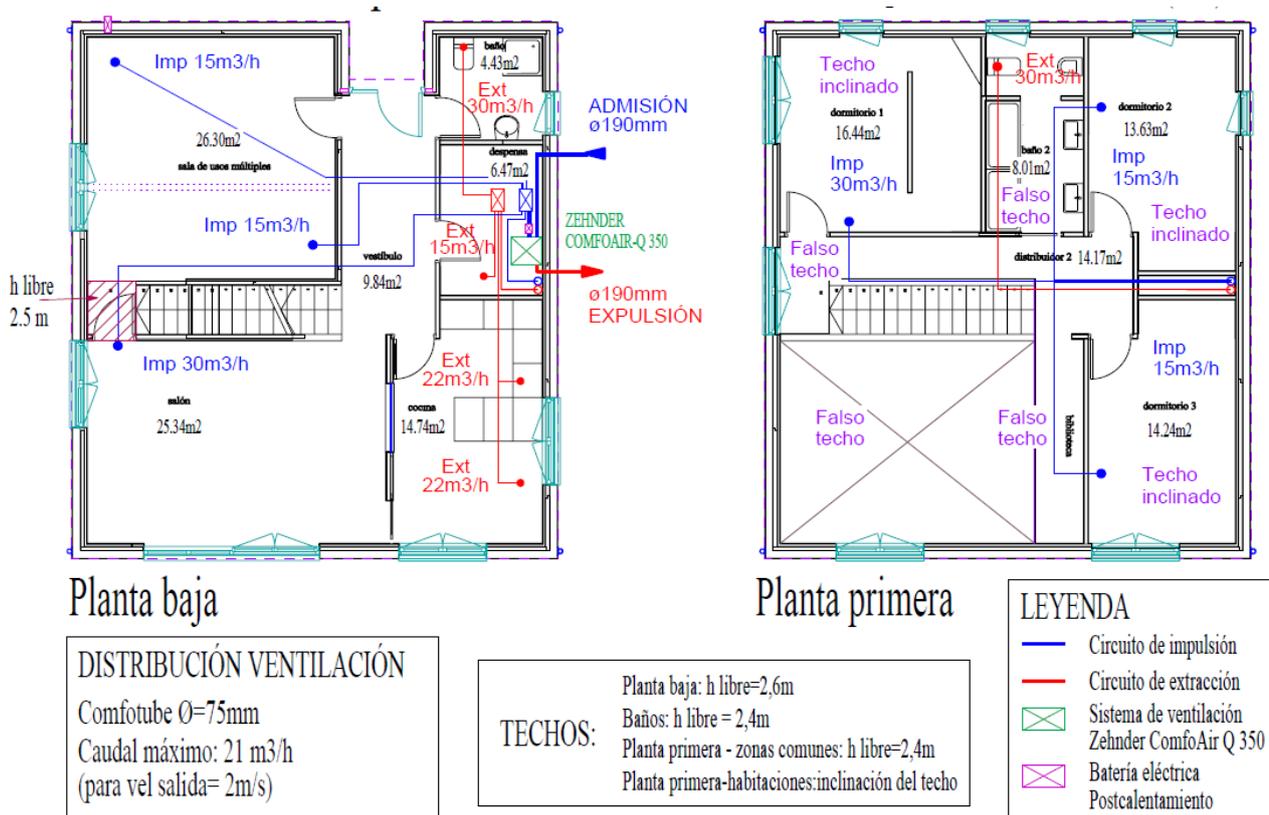
Partiendo del recuperador de calor se instaló una red de conductos con distribución en estrella para llegar a todas las estancias de la vivienda.

En las áreas de estar principales (salón y habitaciones) se instalaron conductos de impulsión de aire, en color azul en la imagen 23.

En los cuartos húmedos (sala de instalaciones, baños y cocina) se instalaron conductos de extracción. Son los marcados en rojo en la imagen 23.

Para permitir la transferencia entre estancias y en zonas comunes como los distribuidores se deja un espacio bajo la hoja de las puertas las puertas interiores.

De esta forma el aire puede viajar sin impedimentos de las rejillas de impulsión instaladas en las zonas de estar a los cuartos con mayor concentración de humedad, para ser renovado continuamente por el sistema de ventilación de bajo consumo.



**Imagen 23. Distribución de la ventilación en la Passivhaus de Etxauri**

## 8 Suministro de calor

El calentamiento del agua caliente sanitaria se realiza mediante una bomba de calor aire-agua de alta eficiencia con un depósito acumulador aislado con capacidad para 260 litros. Se puede ver instalado en la imagen 22 del cuarto de instalaciones.

En cuanto al calor necesario para mantener la temperatura de confort en invierno se ha instalado una resistencia eléctrica de post tratamiento del aire de ventilación controlada automáticamente por un termostato, para que el aire llegue atemperado a todas las estancias en las que hay conductos de impulsión. Además, debido a la privilegiada ubicación de la vivienda, su compacidad de diseño y la optimización de la orientación, permiten que con un pequeño calentador eléctrico sea posible mantener la vivienda dentro de los límites de temperatura de confort establecidos durante todo el año.



**Imagen 24. Resistencia eléctrica para atemperado del aire de impulsión en invierno**

## 9 Cálculos en PHPP

El modelado inicial de la vivienda se ha realizado con el software de diseño específico para viviendas pasivas DesignPH v1.5, sobre el que se han modelado los datos geométricos del proyecto y se ha realizado un primer estudio de sombras.

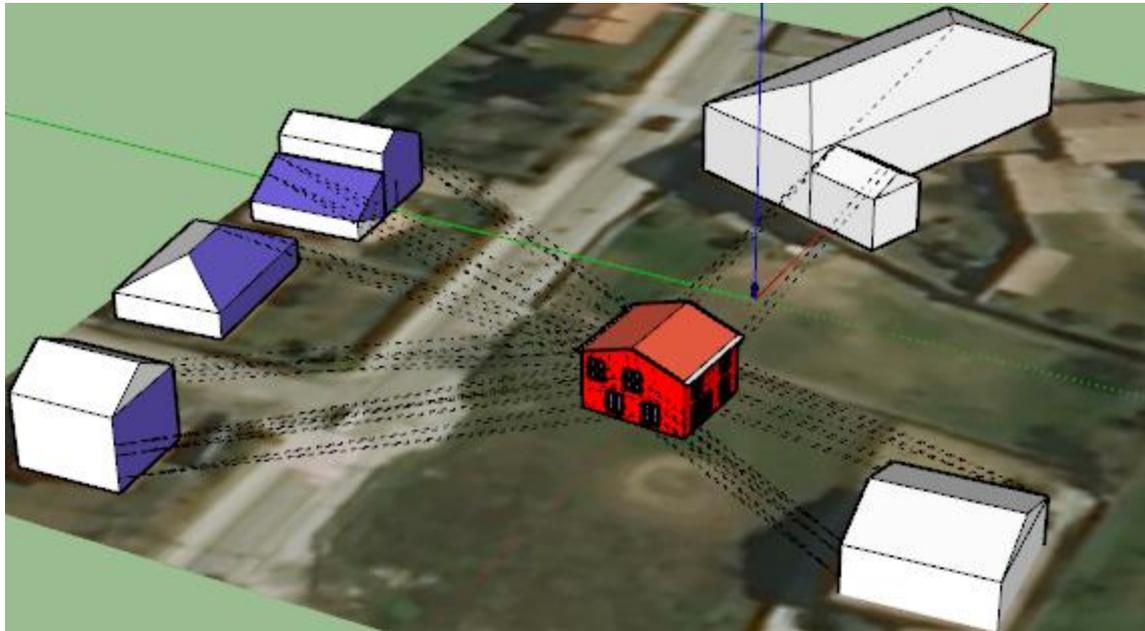


Imagen 25. Estudio de sombras con DesignPH 1.5

Posteriormente se han calculado en detalle las pérdidas a través de los puentes térmicos y se ha recopilado la información completa de todos los materiales a emplear en la construcción de la vivienda.

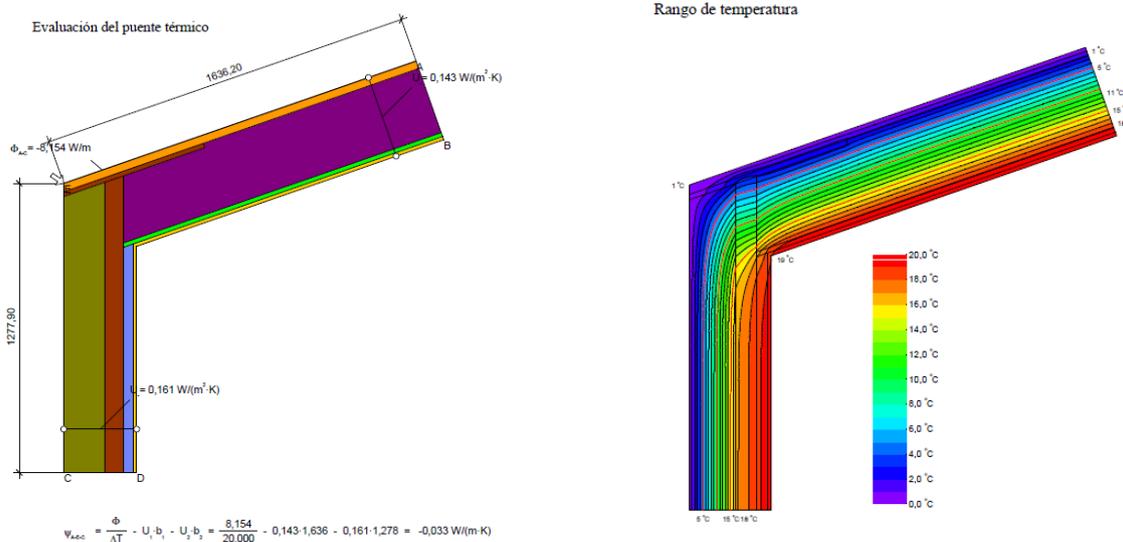


Imagen 26. Evaluación de puentes térmicos mediante cálculo de elementos finitos con Flixo energy 8

Por último se han exportado los datos al programa de planificación PHPP v9, en el que se ha terminado de modelar la construcción, verificando que se cumplen los criterios de construcción bajo el estándar Passivhaus.

## Casa Pasiva Comprobación

	<b>Edificio:</b> EO245-Etxauri Passivhaus		
	Calle: Romana Basterra, 2D		
	CP / Ciudad: 31174 Etxauri		
	Provincia/País: Navarra ES-España		
Tipo de edificio: Vivienda Unifamiliar			
Datos climáticos: ES0023b-Pamplona			
Zona climática: 4: Cálida-templada		Altitud de la localización: 408 m	
<b>Propietario / cliente:</b> Iñaki Legarra Sádbaba y Sonia Ayerra Jimenez			
Calle: Romana Basterra, 2D			
CP / Ciudad: 31174 Etxauri			
Provincia/País: Navarra ES-España			
<b>Ingeniería:</b> Zehnder Group Ibérica Indoor Climate S.A.			
Calle: Carrer els Argenters, 7			
CP / Ciudad: 8290 Cerdanyola del Vallès			
Provincia/País: Barcelona ES-España			
<b>Certificación:</b> VAND arquitectura			
Calle: Estrecho Mesina, 9			
CP / Ciudad: 28043 Madrid			
Provincia/País: Madrid ES-España			
Año construcción: 2017	Temp. interior invierno [°C]: 20,0	Temp. interior verano [°C]: 25,0	
Nr. de viviendas: 1	Ganancias internas de calor (GIC): caso calefacción [W/m²]: 2,4	GIC caso refrig. [W/m²]: 2,4	
Nr. de personas: 3,0	Capacidad específica [Wh/K por m² de SRE]: 132	Refrigeración mecánica:	

### Valores específicos del edificio con referencia a la superficie de referencia energética

Criterio	Superficie de referencia energética m²	Valor	Relación	Criterios alternativos		¿Cumplido? <sup>2</sup>
				Valor	Requisito	
Calefacción	Demanda de calefacción kWh/(m²a)	10	≤	15	-	Si
	Carga de calefacción W/m²	11	≤	-	10	Si
Refrigeración	Demanda refrigeración & deshum. kWh/(m²a)	-	≤	-	-	-
	Carga de refrigeración W/m²	-	≤	-	-	-
	Frecuencia de sobrecalentamiento (> 25 °C) %	4	≤	10	-	Si
	Frecuencia excesivamente alta humedad (> 12 g/kg) %	0	≤	20	-	Si
Hermeticidad	Resultado ensayo presión n <sub>50</sub> 1/h	0,3	≤	0,6	-	Si
Energía Primaria no renovable (EP)	Demanda EP kWh/(m²a)	68	≤	100	-	Si
Energía Primaria Renovable (PER)	Demanda PER kWh/(m²a)	43	≤	-	-	-
	Generación de Energía Renovable (en relación con área de la huella del edificio proyectado) kWh/(m²a)	0	≥	-	-	-

<sup>2</sup> Celda vacía: Falta dato; -: Sin requerimiento

Confirmando que los valores aquí presentados han sido determinados siguiendo la metodología de PHPP y están basados en los valores característicos del edificio. Los cálculos de PHPP están adjuntos a esta comprobación.

¿Casa Pasiva Classic?

Si

Función: 1-Diseñador	Nombre: Jaime	Apellido: Canfrán
Emisión: 03/05/18	Ciudad: Pamplona (Navarra)	

Firma: 

**Imagen 27. Hoja de cálculo de comprobación en la herramienta de planificación PHPP v9. En la zona superior aparecen las empresas y particulares involucradas en el proyecto. Debajo, el sumario de resultados de cálculo que se detallan en las páginas siguientes.**

### Balance energético calefacción (método mensual)

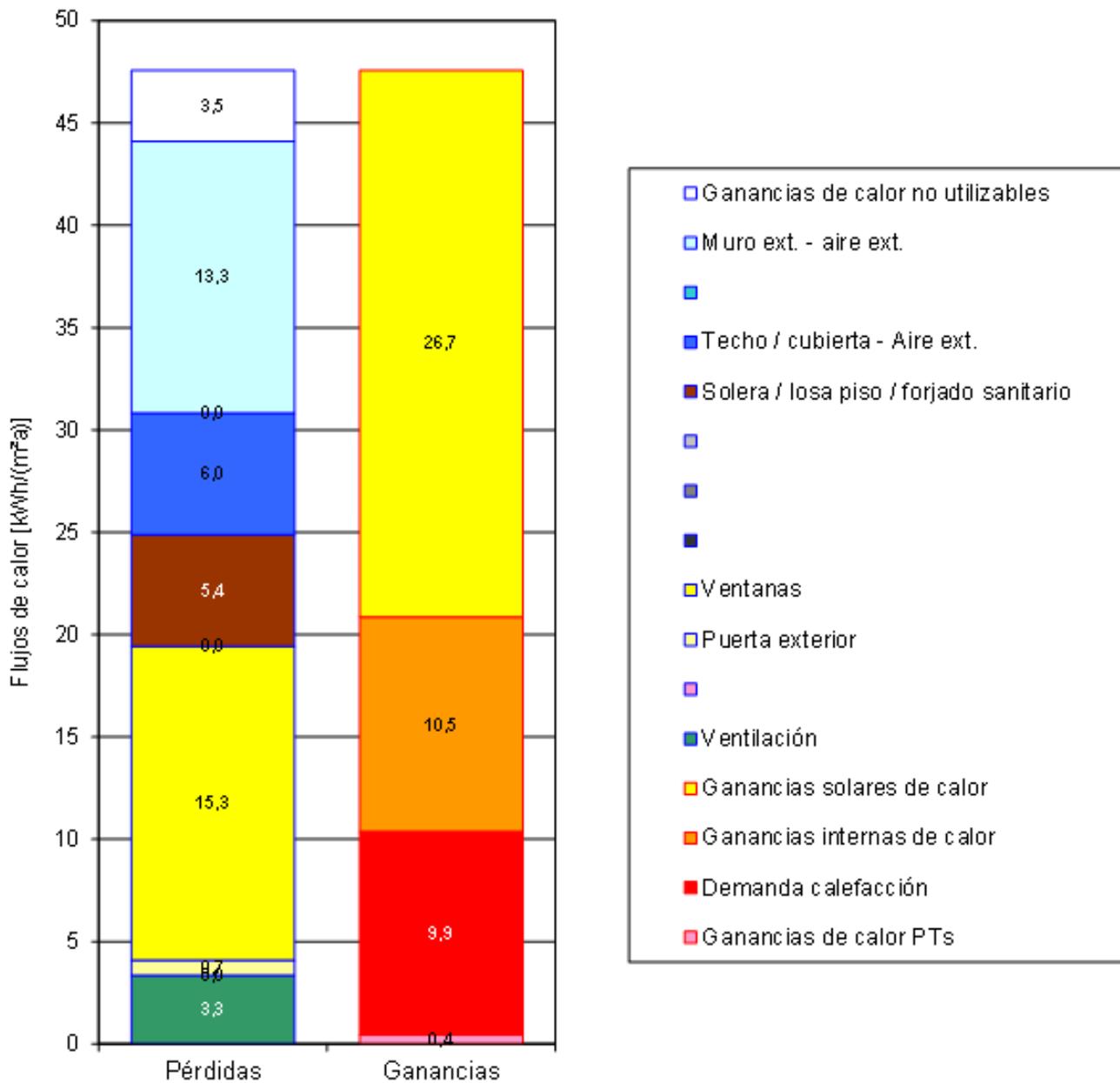


Imagen 27. Balance energético de la vivienda pasiva de Etxauri

En la imagen 27 aparece el balance energético de la vivienda pasiva de Etxauri siguiendo el método de la calefacción mensual en PHPP. Se puede observar que las ganancias solares cubren la amplia mayoría de las necesidades energéticas de la casa y superan ampliamente a las pérdidas en las ventanas. Esto se debe a la correcta orientación de la vivienda y el empleo de carpinterías y vidrios de alta eficiencia.

## **10 Coste de la construcción**

El coste de la construcción total de la vivienda pasiva de Etxauri es de aproximadamente 1300€/m<sup>2</sup>. Este coste abarca el total de la construcción, desde los trabajos sobre el terreno y cimentación hasta la entrega de llaves con la vivienda completamente terminada y es referido a la superficie de referencia energética empleada en el cálculo de la vivienda.