

Passivhaus ante el clima balear

**Estudio y comparación de tipologías de fachadas bajo
el Estándar Passivhaus**

Katharina Wolf

Trabajo Final de Grado
Curso 2021 - 2022
Grado en Estudios de Arquitectura
Tutor: Roger Señis Lopez

Tribunal: Àmbito de Tecnologia
Presidente: Carlos Ramiro Marmolejo Duarte
Vocal: Isabel Crespo Cabillo
Vocal: Alberto Sánchez Riera

Septiembre 2022, Barcelona

Resumen

Ante la emergencia ambiental que estamos sufriendo junto con la subida de precios a causa de la inflación en todos los sectores, cabe cuestionarse cómo puede ser afectada la arquitectura. Desde las últimas décadas tiene cada vez mayor importancia la conciencia energética, razón por la que se han creado diversos estándares energéticos. Uno de los más conocidos es el Estándar Passivhaus, que fue creado en Alemania para un clima frío, pero hoy en día encuentra aplicación en el clima español siendo necesarios algunos ajustes por la diferencia de temperatura tanto en invierno como en verano.

El presente documento hace referencia a la investigación sobre el estándar Passivhaus en el clima mediterráneo-balear y los criterios necesarios para la certificación de una casa unifamiliar ubicada en Ibiza. Para ello se analizará tres tipologías constructivas de fachadas, aplicadas a la misma distribución de casa unifamiliar, consiguiendo así la comparación energética de éstos y qué medidas se requiere para cumplir con los criterios. Para este proceso se usará la herramienta PHPP (Passive House Planning Package) creada por el Passivhaus Institut.

Se añadirán como anexo los documentos con los resultados obtenidos a través de la herramienta que se utilizaría para la certificación. También se mostrarán los planos del caso de estudio a mayor escala.

Palabras clave

Passivhaus, Islas Baleares, eficiencia energética, PHPP, comportamiento térmico, fachadas

Abstract

In the face of the environmental emergency that we are experiencing, together with rising prices due to inflation in all sectors, is it worth questioning how architecture can be affected. Since the last decades, energy awareness has become more and more important, which is why several energy standards have been created. One of the best known is the Passivhouse Standard, which was created in Germany for a cold climate. In the Spanish climate some necessary adjustments are required due to the temperature difference in both the winter and summer months.

This paper refers to the research on the Passivhaus standard in the Mediterranean climate and the necessary criteria for the certification of a single-family house located in Ibiza. For this purpose, three constructive typologies of facades will be analyzed, applied to the same distribution of a single-family house, thus achieving the energy comparison of these and what measures are required to meet the criteria. For this process, the PHPP (Passive House Planning Package) tool created by the Passivhouse Institut will be used.

The documents obtained through the tool will be added as an annex at the end. The plans of the case study will also be shown at a larger scale.

Keywords

Passivhaus, Balearic Islands, energy efficiency, PHPP, thermal behavior, facades

Indice

1. Introducción	1
2. Conciencia medioambiental y energética	3
2.1. Marco europeo	5
3. El estándar Passivhaus	6
3.1. Principios básicos	6
3.2. PHPP	10
4. Ubicación del caso de estudio	17
4.1. Contexto histórico	17
4.2. Tipologías de construcción tradicional ibicenca	19
4.3. Ubicación y orientación	19
4.4. Materiales	21
5. Edificio de estudio	25
6. Sistemas constructivos a comparar	30
Entramado ligero de madera	33
Ladrillo de termoarcilla	35
Bloque hormigón celular	37
7. PHPP	39
8. Costes	45
9. Conclusión	48
10. Procedencia de las imágenes	50
11. Fuentes bibliográficas	52
Anexos	56
A. Planos	
B. Resultados PHPP	

1. Introducción

El trabajo desarrolla la temática Passivhaus surgiendo de la conciencia de sostenibilidad, el cambio climático y el impacto que éstos tienen en la arquitectura y nuestras maneras de vivir. La edificación del día de mañana debe ser más responsable y capaz de reducir los consumos al mínimo. Estos conceptos fueron introducidos y explicados en mi formación universitaria en asignaturas como Acondicionamiento y Servicios como los cursos de Construcción, donde se hizo referencia a componentes de instalaciones, aislamientos térmicos y tipologías constructivas. Se tratará de entender cómo estos criterios trabajan conjuntamente en el concepto Passivhaus proponiendo a los usuarios una edificación con un consumo mínimo consciente, realizándose para ello un análisis de distintas tipologías de fachadas para averiguar sus medidas pasivas y activas según cada fachadas como ver la repercusión que tiene en el confort interior de una casa unifamiliar como caso de estudio.

El Passivhaus es uno de los estándares de construcción más detallados para garantizar niveles de confort con un consumo de energía bajo. Nace en los años '90 en Alemania por el impacto de la crisis petrolera, extendiéndose hasta ser una de las certificaciones más valoradas hoy en día por sus criterios y límites de demanda energética para calefacción como refrigeración. Actualmente, la Unión Europea ya exige a cada país el cumplimiento de la normativa para construir edificios con un consumo energético bajo.

El objetivo general es entender el estándar Passivhaus y cómo obtener el confort térmico mediante una comparación de tipologías constructivas ubicadas en el clima balear. Para ello se han definido los objetivos específicos siguientes:

- Simular las tipologías de fachadas en el programa PHPP para comparar los elementos constructivos y los parámetros necesarios para cumplir con las restricciones.
- Averiguar las medidas necesarias para una certificación en un clima cálido.
- Analizar los costes iniciales y la posterior amortización de cada tipología constructiva según la demanda energética.

En la primera parte del trabajo se explican las características y las exigencias principales del estándar Passivhaus. A partir de un caso de estudio de casa unifamiliar se contextualizan las distintas tipologías constructivas con sus respectivos materiales, capas, grosores y coeficientes a analizar. Se mostrarán las características dadas por el emplazamiento. Los componentes principales para la certificación serán detallados a través del programa del Instituto Passivhaus conocido como PHPP (Passive House Planning Package). Se realizarán comparaciones entre los resultados obtenidos de las tipologías como una propuesta económica de cada tipología con su respectivo espesor de aislamiento. Finalmente, se obtendrán conclusiones que podrán facilitar la toma de decisiones para la construcción Passivhaus en el clima mediterráneo.

Para la elaboración de esta investigación se ha empleado la hoja de cálculo Passivehouse Planning Package (PHPP) creada por el Passivhouse Institut. Los resultados fueron obtenidos a través de una versión académica, sin intención de crear una certificación por parte del estudiante.

2. Conciencia medioambiental y energética

Desde la Antigüedad, la arquitectura manifestó una clara conciencia sobre el lugar y su clima. Sócrates fue de los primeros en describir la arquitectura pasiva proponiendo el Megaron como una evolución de la casa griega donde decidió cambiar la planta de la casa para captar a través de un ángulo de apertura mayor el sol en invierno y creando así un voladizo para poder garantizar protección en los meses de verano: ...en las casas orientadas al sur, el Sol penetra por el pórtico en invierno, mientras que en el verano el arco solar descrito se eleva sobre nuestras cabezas y por encima del tejado, de manera que hay sombra. (Sócrates, 469-399 a.C.)

Más adelante, Italia estuvo marcada por una sobreexplotación de los recursos naturales provocando una limitación de combustible, que hizo adoptar esta estrategia griega para captar el sol a los distintos climas del país.

Si deseamos que nuestros diseños de casas sean correctos debemos comenzar por tomar buena nota de los países y climas en que estas van a construirse. Un tipo de casa parece apropiado para Egipto, otro para España... otro aún diferente para Roma, y así sucesivamente con las tierras y países de características diferentes. Ello es tal porque una parte de la tierra se encuentra directamente situada bajo el curso del sol, otra dista mucho de él, mientras que otras se encuentran a medio camino entre las anteriores... Es evidente que los diseños de casas deberían conformarse a las diversidades del clima. (Marco Vitruvio, 80-15 a.C.)

En el siglo XX durante la época de posguerra se perdió esta conciencia energética. El llamado Estilo Internacional dio lugar a una arquitectura contemporánea que tenía como objetivo principal criterios estéticos, funcionales y económicos, dejando de lado la conciencia climática. Con la crisis del petróleo en los años 70 se intensificó el interés por el medio ambiente en la arquitectura. Así Wolfgang Feist crea el Passivhaus Institut a finales de la década de 1980 dónde establece criterios físicos, constructivos y funcionales que debe seguir la arquitectura para poder ser pasiva y certificada como Passivhaus. Para poder entender mejor los criterios establecidos por el Passivhaus Institut se explicará el contexto europeo y la gestión de normativas hasta ahora.

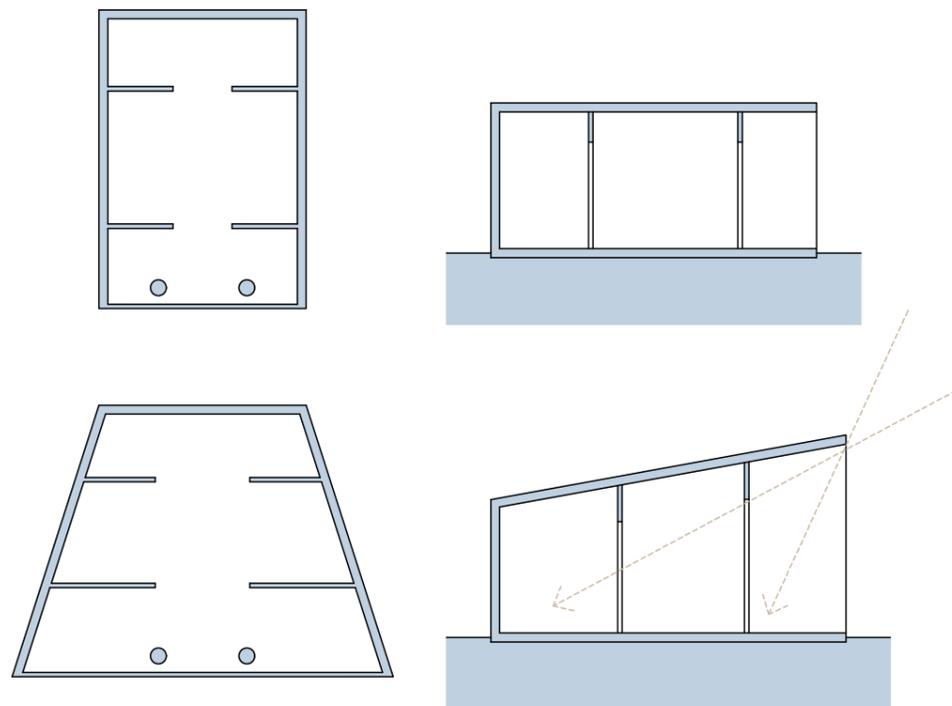


Figura 01: Megaron griego y propuesta de Sócrates.

2.1. Marco europeo

Con las afectaciones del cambio climático, el Parlamento Europeo presenta la Directiva 2010/31/UE que marca unos criterios energéticos obligatorios para la construcción:

Los edificios públicos deben ser edificios de consumo de energía casi nulo después del 31 de diciembre de 2018. Edificios nuevos de propiedad privada deben ser edificios de consumo de energía casi nulo después del 31 de diciembre de 2020. Los Estados miembros elaborarán planes nacionales destinados a aumentar el número de edificios de consumo de energía casi nulo. (Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, 2010)

Cada país miembro de la Unión Europea debe establecer una serie de normas de construcción para poder controlar el consumo energético durante el uso de los edificios. El Parlamento Europeo amplió estas regulaciones con la Directiva UE 2018/844 estableciendo los mecanismos de revisión y de control de las regulaciones.

Por parte del BPIE (Building Performance Institute Europe) se ha concretado que todos los edificios de nueva construcción deben ser nZEB a partir del año 2022. Los nZEB (near Zero Energy Building) son edificios de consumo de energía casi nulo, que se definen como edificios con un nivel de eficiencia energética muy alto. La cantidad casi nula o muy baja de energía que se necesita debe estar cubierta por la energía creada a partir de fuentes renovables¹. Se han establecido una serie de requisitos básicos que los estados deben cumplir:

- Las construcciones deben tener un rendimiento energético muy alto.
- La energía que se necesita debe ser muy baja o nula.
- La cantidad de energía que necesita un edificio debe estar proporcionado por energías renovables.
- La energía primaria debe estar indicada numéricamente con kWh/m² al año para poder establecer una comparativa entre las edificaciones.

Cada país debe definir estos mecanismos para garantizar el consumo de energía casi nulo. En España las exigencias energéticas están definidas en el Código Técnico de la Edificación en el Documento Básico de Ahorro de Energía DB-HE, que se complementa con los criterios de salubridad establecidos en DB-HS. En términos generales, se debe garantizar el confort del usuario mediante un uso consciente de energía. Se potencia el empleo de energías renovables, estableciendo valores límites para el gasto de energía primaria no renovable. Se evalúa la demanda de energía total de los edificios incluyendo el consumo de las instalaciones térmicas, las instalaciones para la iluminación como la demanda requerida para la producción de agua caliente sanitaria.

El estándar Passivhaus presenta sus propios criterios y mecanismos establecidos por el Passivhaus Institut. Para el clima mediterráneo se han ido definiendo las exigencias en los últimos años, pero aún están lejos de estar tan acotadas e implementadas como en los climas nórdicos.

¹ Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, 2018. Directiva Europea 2018/844.

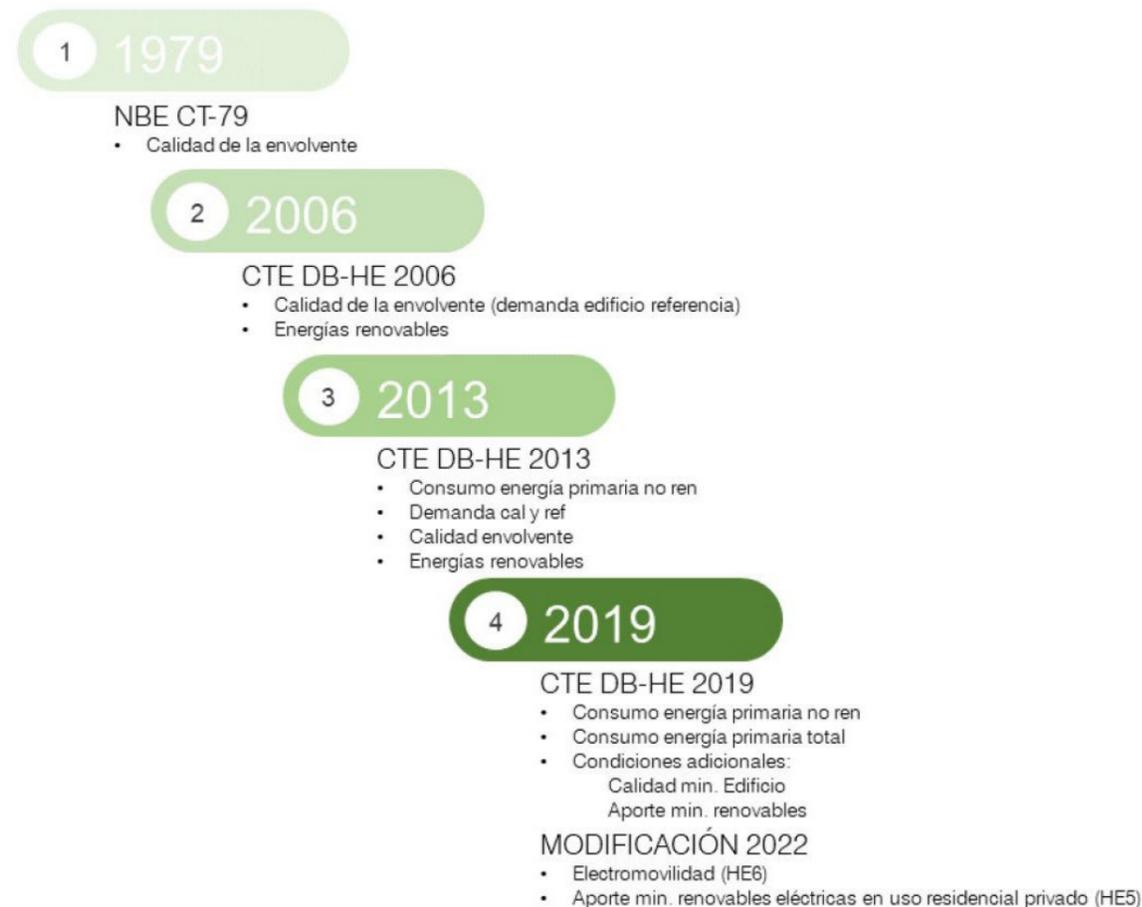


Figura 02: Esquema de la evolución de la normativa de ahorro energético en el Código Técnico de la Edificación (CTE).

3. El estándar Passivhaus

3.1. Definición

La arquitectura Passivhaus busca construir energéticamente eficiente, garantizando siempre el confort, como a su vez ser asequible económicamente. La energía necesaria para abastecer un Passivhaus es alrededor de un 75% inferior respecto a una construcción tradicional, obteniendo así altos niveles de confort con bajos niveles de refrigeración, climatización o regulación de humedad en el espacio interior. Unas de las estrategias más eficientes es el uso de aislamiento térmico, ya que en invierno no es posible cubrir la demanda de calor solamente con medios pasivos. De esta manera, el aislamiento térmico reduce en los meses calurosos las ganancias de calor en el interior del edificio con la ayuda de ventilación natural, sombra y algunas técnicas de apoyo. Para facilitar el bienestar del usuario se requiere desde técnicas esenciales hasta la combinación con nuevas actuaciones como la ventilación mecánica a partir de un recuperador de calor.

El caudal mínimo necesario para la ventilación es muy reducido para que el propio usuario prácticamente no note la corriente como ocurre en el caso del aire acondicionado. El caudal de aire es un 30% del volumen de una renovación horaria que equivale a 0,3 renovaciones por hora.

3.1. Principios básicos

La calidad de un edificio pasivo está directamente relacionada con la demanda de energía de calefacción como de refrigeración. Para ello es necesario tener en cuenta diversos factores energéticos: las pérdidas de la envolvente térmica, las pérdidas por ventilación a través de la envolvente térmica, las ganancias a través de la radiación solar y ganancias debido a la producción de calor interior.



Figura 03: Requisitos del Estándar Passivhaus.

Para la certificación Passivhaus es necesario cumplir con las siguientes condiciones:²

- Demanda de energía para calefacción: máximo 15 kWh/m²a.
- Demanda de energía para refrigeración: máximo 15 kWh/m²a de refrigeración sensible, más una parte proporcional de refrigeración latente para climas húmedos. Esta parte latente es dinámica y cambia en función del lugar.
- Consumo de energía primaria para calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria y electricidad: máximo 120 kWh/m²a.
- Hermeticidad al paso del aire: valor n50 máximo permitido = 0,6/h.
- Las temperaturas no deben ser inferiores a 17°C en las superficies interiores de la envolvente térmica.

Para poder garantizar estos criterios pasivos es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos imprescindibles:

- Orientación: cuando la orientación es a sur se maximizan las ganancias solares en invierno (momento cuando se necesita la energía solar para calentar el edificio). La radiación solar del edificio puede variar en función de las sombras proyectadas, la absorción y la emisividad de los materiales.
- Compacidad: hace referencia a la división entre la superficie de la envolvente con el volumen que contiene en su interior. Edificios de mayor tamaño suelen tener un cociente bajo entre 0,2-0,5/m. Un bloque residencial puede tener una compacidad de 0,3-0,6/m mientras que una vivienda unifamiliar obtendría un valor muy bajo de 0,8-1/m. La compacidad afecta sobre todo la demanda para calefacción mientras que la refrigeración se reduce con menor grado al incrementar la compacidad.
- Protección solar: es la medida pasiva que calienta los edificios en invierno. Puede tener consecuencias negativas en los meses de verano por el calentamiento del espacio interior. Por ello, se recomienda proyectar los huecos del edificio de manera que se maximicen las ganancias solares en invierno y se minimicen en verano. El uso de protecciones solares móviles sería la solución más adecuada, aunque puedan tener un coste más elevado que voladizos o filtros fijos.
- Aislamiento térmico: se explica mediante la transmitancia térmica con unidad de W/m²k. En climas fríos y templado-fríos, el estándar Passivhaus utiliza un alto aislamiento térmico. En climas cálidos y templado-cálidos, los edificios continúan teniendo un aislamiento térmico mucho más importante de lo que la normativa pide, pero por supuesto, inferior a los grosores típicos de los países nórdicos donde pueden oscilar entre 25-40 cm.

² Wassouf, M., 2014. De la casa pasiva al estándar Passivhaus. La arquitectura pasiva en climas cálidos. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.

- Inercia térmica: los elementos que están en contacto con el aire pueden absorber y almacenar energía dependiendo de su capacidad calorífica y la propia densidad del material.

La definición de inercia térmica, por lo tanto, es la energía necesaria para aumentar en un kelvin la temperatura de un metro cúbico del elemento constructivo. La inercia térmica amortigua el exceso de energía que pueden recibir los espacios debido a la radiación solar y las actividades que realizamos. (Wassouf, 2022)

- Puentes térmicos: la transmisión de energía no se da solamente en los elementos verticales y la cubierta sino también en las juntas como esquinas. Se entiende como puente térmico aquel punto donde se produce una alteración en la uniformidad del flujo energético. Se considera una sección libre de puente térmico cuando la transmitancia térmica en ese punto es inferior a $0,01 \text{ W/mK}$. Es posible evitar los puentes térmicos cuando no se interfiere la continuidad del aislamiento o si es inevitable usar un material de conductividad muy baja.
- Hermeticidad al paso del aire: explica la cantidad de infiltraciones de aire no deseadas que tiene un edificio. Es conveniente minimizar las infiltraciones que se pueden dar a través de grietas o aberturas provocando un desconfort de los usuarios. A su vez, pueden crearse condensaciones en el edificio que en peores casos derivan en problemas constructivos. Para comprobar la hermeticidad en un proyecto y como parte de la certificación Passivhaus, se encarga un test de presurización (Blower Door) de la envolvente (establecido según UNE-EN-13829). Este test se realiza una vez colocada todas las ventanas y puertas exteriores para ver dónde se necesitan corregir infiltraciones antes de terminar la obra.
- Ventilación controlada de doble flujo: es necesaria por razones de higiene y de salud. Se toma aire exterior mediante un ventilador, se limpia a través de unos filtros para después entrar en el recuperador de calor. Este recuperador de calor pasa la energía del aire viciado al aire que viene del exterior, sin que haya una mezcla de los dos flujos. Una gran ventaja es la capacidad de recuperar gran parte de la energía del edificio antes de que este sea expulsado al exterior.
- Ventanas y puertas: suelen ser el punto débil de la envolvente. Las carpinterías empleadas deben tener una transmitancia térmica muy baja, teniendo el aislante térmico en el interior de la propia carpintería junto con un vidrio doble o triple. El vidrio se recomienda de tipo bajo emisivo para devolver el calor al interior del edificio y mantenerlo en el exterior durante el verano.

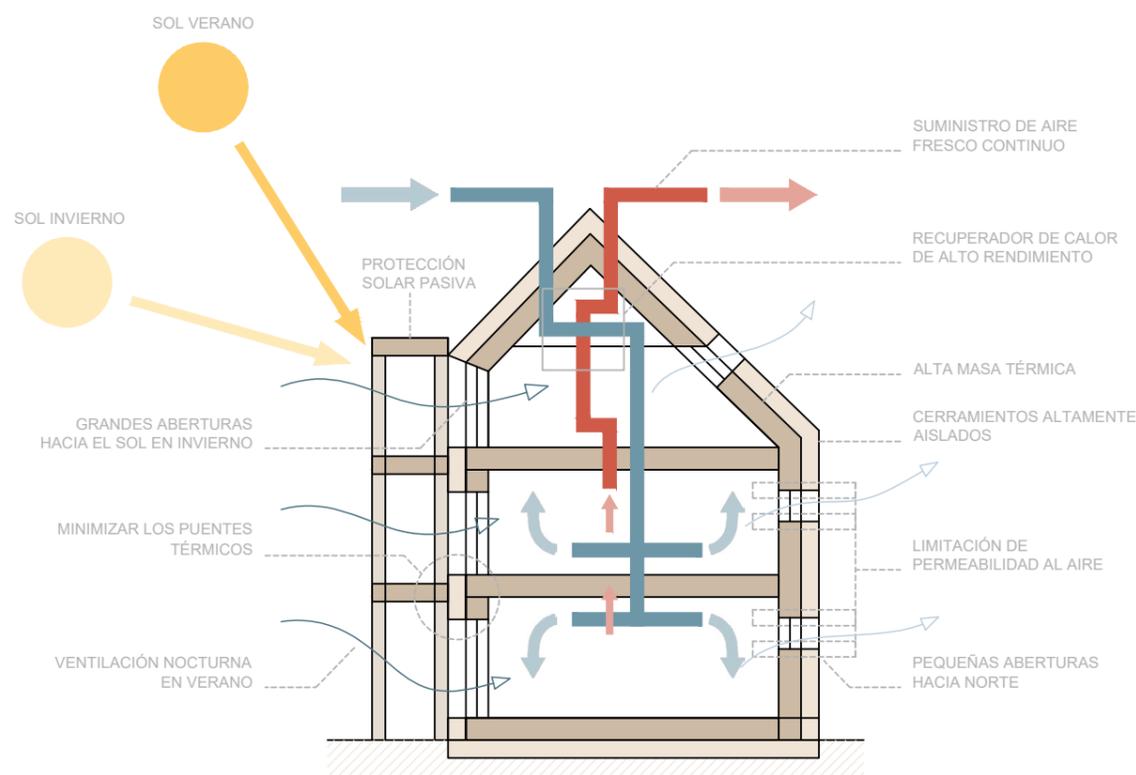


Figura 04: Diagrama explicativo Passivhaus.

3.2. PHPP (Passive House Planning Package)

El Passivhaus Institut es también el encargado de certificar los edificios que cumplen con las exigencias expuestas anteriormente. Ciertos conceptos necesitan de una herramienta numérica para obtener la verificación y posterior certificación. Los resultados obtenidos en el programa de cálculo energético PHPP (Passive House Planning Package) son imprescindibles para la certificación Passivhaus. Por esta razón se explicará a continuación los procedimientos necesarios para llevar a cabo el cálculo.

El PHPP es una hoja de cálculo preparada con gran detalle y trabajo meticuloso de manera que mediante la introducción de los datos se obtengan resultados de manera directa para poder facilitar así una comparación de resultados. Antes de la introducción de cualquier dato es recomendable preparar el proyecto exhaustivamente teniendo en cuenta desde un inicio que se quiere certificar un edificio pasivo, por lo tanto, es importante tener conciencia sobre los materiales, el propio diseño y composición. Para establecer el límite del edificio se considera la envolvente térmica, que incluye las distintas zonas de paso como las habitaciones. Para otros espacios es necesario analizar la viabilidad de incluirlos, según criterios funcionales o de construcción. Por ejemplo, pasos de escalera, garajes o espacios secundarios. Determinar el límite de la envolvente térmica es uno de los principales criterios, ya que sirve como punto de partida para el cálculo. Se utilizará para calcular la superficie de la propia envolvente, acotando todas las fachadas, como también para averiguar el área del proyecto y su huella que deja en el terreno. Este espacio interior envuelto por la envolvente térmica tiene un intercambio de calor entre el interior y el exterior equilibrado, es decir, el calor en el interior a inicio y final del periodo de calefacción son iguales. Por ello, la principal responsabilidad del arquitecto es definir los componentes con sus prestaciones para poder obtener este balance energético.

Seguidamente, se resume la introducción de valores como el contenido de los distintos apartados para poder entender el proceso de verificación de una posible casa Passivhaus.

- Comprobación: se mostrarán los datos principales del edificio como los valores requeridos para la supuesta certificación, siendo estos la demanda de calefacción y refrigeración anuales, la hermeticidad y la energía primaria empleada.

Criteria	Alternative criteria	Fulfilled?
Space heating: Heating demand kWh/(m²a)	13	yes
Space heating: Heating load W/m²	10	yes
Space cooling: Cooling & dehum. demand kWh/(m²a)	-	yes
Space cooling: Cooling load W/m²	-	yes
Frequency of overheating (> 25 °C) %	1	yes
Frequency of excessively high humidity (> 12 g/kg) %	0	yes
Airtightness: Pressurization test result n50 1/h	0,2	yes
Non-renewable Primary Energy (PE): PE demand kWh/(m²a)	40	yes
Primary Energy: PER demand kWh/(m²a)	32	yes
Renewable (PER): Generation of renewable energy (in relation to pro-kWh/(m²a) projected building footprint area)	125	yes

Figura 05: Ejemplo hoja de cálculo Comprobación. PHPP.

- Clima: se selecciona en la base de datos la localización del proyecto para obtener la temperatura media de cada estación. La altitud del proyecto definirá cuánto cerca se está de la estación que mide la temperatura y así saber si es necesario una regulación de las temperaturas mostradas.

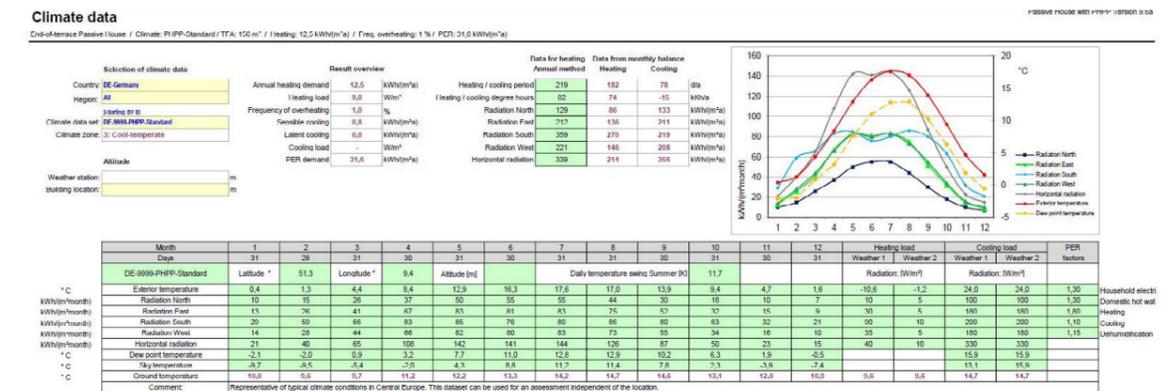


Figura 06: Ejemplo hoja de cálculo Clima. PHPP.

- Valores U: se introducen los elementos constructivos del proyecto como sus componentes con respectivos espesores y sus conductividades para obtener la transmitancia térmica del elemento constructivo. Los elementos principales son la fachada, la cubierta, la solera o los forjados, muros de contención, etc.

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Interior plaster	0,350					15
Lime sand brick	1,100					175
Polystyrene	0,040					275
Exterior Render	0,800					20

Figura 07: Ejemplo hoja de cálculo Valores-U. PHPP.

- Superficie: se anotan los elementos que conforman la envolvente del proyecto, sus medidas, su orientación, el ángulo de inclinación como el factor de reducción de sombra. A su vez, es necesario definir la superficie de referencia energética como la huella del edificio.

Temp. zone	Area group	Group no.	Area / Length	Unit	Comment
A	Treated floor area	1	156,00	m²	Treated floor area according to PHPP manual
A	North windows	2	11,64	m²	
A	East windows	3	0,00	m²	Results come from the 'Window' worksheet.
A	South windows	4	20,42	m²	Window areas are subtracted from individual opaque areas.
A	West windows	5	2,00	m²	which is displayed in the 'Window' worksheet.
A	Horizontal windows	6	0,00	m²	
A	Exterior door	7	0,00	m²	Please subtract area of door from respective building assembly
A	External wall - Ambient	8	184,28	m²	Temperature zone "A" is ambient air
B	External wall - Ground	9	0,00	m²	Temperature zone "B" is the ground
A	Roof/Ceiling - Ambient	10	89,41	m²	
B	Floor slab / Basement ceiling	11	80,33	m²	
B		12	0,00	m²	Temperature zones "A", "B" and "C" may be used. NOT "D"
B		13	0,00	m²	Temperature zones "A", "B", "D" and "C" may be used. NOT "E"
B		14	0,00	m²	Temperature zone "C". Please provide user-defined reduction factor (δ = 0 - 1)

Figura 08: Ejemplo hoja de cálculo Superficies. PHPP.

- Terreno: primero se introduce la información del terreno, su conductividad y su capacidad térmica. Con los datos climáticos introducidos anteriormente y la superficie de la misma, se definirá el tipo de losa que se va a construir; si es una planta baja o un sótano, calefactado o sin calefactar, o si se trata de una cámara de aire ventilada. También es necesario indicar el nivel freático respecto al edificio. Se obtendrá un factor de reducción para el cálculo de la calefacción anual.

Figura 09: Ejemplo hoja de cálculo Terreno. PHPP.

- Componentes: se anotan los sistemas constructivos definidos anteriormente vinculándolos con sus valores-U. Las ventanas se dividen en sus elementos básicos: el marco de la ventana y la zona acristalada, cada uno con sus prestaciones. La propia hoja de cálculo muestra carpinterías ya certificadas que se podrían utilizar en el proyecto.

Figura 10: Ejemplo hoja de cálculo Componentes. PHPP.

- Ventanas: se asocia cada ventana con la envolvente donde se ubica como su posición de instalación para poder averiguar si se trata de una ventana de hoja única o de doble hoja. También se definen las ventanas respecto a la desviación del norte, como la inclinación de la propia ventana respecto a la horizontal y su dimensión.

Figura 11: Ejemplo hoja de cálculo Ventanas. PHPP.

- Sombras: hay tres categorías que pueden proyectar sombra sobre la envolvente. Se define el sometimiento de la ventana respecto a la envolvente. Los voladizos requieren ser acotados respecto al borde superior del vidrio. Gran impacto puede tener la sombra de horizonte, que hace referencia a muros o vegetación que se sitúa a cierta distancia de la propia ventana.

Figura 12: Ejemplo hoja de cálculo Sombras. PHPP.

- Ventilación: se define la tipología utilizada en el edificio (ventilación equilibrada con recuperador de calor, extracción de aire o ventilación solamente por las ventanas). La exposición del edificio al aire influye en la infiltración de aire. Se obtendrá el caudal de aire medio requerido para la renovación del aire interior.

Figura 13: Ejemplo hoja de cálculo Ventilación. PHPP.

- Ventilación verano: se debe definir los niveles de humedad absoluta máxima en el interior como las fuentes internas de humedad. La renovación del aire en verano debe cumplir con los requisitos para poder asegurar niveles correctos de higiene en el interior.

Figura 14: Ejemplo hoja de cálculo Ventilación en verano. PHPP.

- Aparatos-R: según la ubicación del proyecto y su clima, se debe asignar el tipo de refrigeración requerido; a elegir entre impulsión de aire, aire en circulación, con deshumificación adicional o a través de superficies.

Compressor - cooling units

End-of-terrace Passive House / Climate: PHPP-Standard / TFA: 156 m² / Heating: 12,5 kWh/(m²a) / Freq. overheating: 1 % / PER: 31,6 kWh/(m²a)

Building type: Row house	Treated floor area A _{tr} : 156,0 m²
Interior temperature summer: 25,0 °C	Mechanical cooling: 0,0
Normal humidity: 12,0 g/kg	Air change rate via ventilation system with supply air: 0,0
Internal humidity sources: 1,0 g/(m³h)	

Supply air cooling

On/Off mode (check as appropriate)	X
Max. cooling capacity (sensible + latent)	1,0 kW
Temperature reduction dry	2,0 K
Seasonal energy efficiency ratio	2,0

Recirculation cooling

On/Off mode (check as appropriate)	X
Max. cooling capacity (sensible + latent)	2,0 kW
Volume flow rate at nominal power	600,0 m³/h
Temperature reduction dry	9,8 K
Variable air volume (check if appropriate)	X
Seasonal energy efficiency ratio	3,2

Additional dehumidification

Waste heat to room (check if appropriate)	X
Seasonal energy efficiency ratio	2,0

Panel cooling

Seasonal energy efficiency ratio	3,0
----------------------------------	-----

Figura 15: Ejemplo hoja de cálculo Aparatos de refrigeración. PHPP.

- Distribución ACS: dependiendo de donde se ubique la máquina, dentro o fuera de la envolvente, se requiere calcular los detalles de la red de calefacción, como la longitud de las tuberías, grosores y aislamientos. También la temperatura de ida y la carga de calefacción. La distribución del agua caliente sanitaria puede ser mediante un sistema de recirculación o por tuberías individuales.

Heat distribution and domestic hot water (DHW) system

End-of-terrace Passive House / Climate: PHPP-Standard / TFA: 156 m² / Heating: 12,5 kWh/(m²a) / Freq. overheating: 1 % / PER: 31,6 kWh/(m²a)

Interior temperature: 20 °C	Interior temperature summer: 25 °C
Building type: Row house	
Treated floor area A _{tr} : 156 m²	
Occupancy: 2,0 Pers	
Number of dwelling units: 1	
Annual heating demand Q _{heating} : 1953 kWh/a	Annual useful cooling dem. Q _{cool} : 128 kWh/a
Length of heating period: 219 d	Length cooling period: 78 d
Average heating load P _{heating} : 0,4 kW	Average cooling load P _{average} : 0,1 kW
Marginal usability of additional heat gains: 69%	Marginal utility of additional heat losses: 24%

Space heat distribution

	Inside thermal envelope				
	1	2	3	4	5
Length of distribution pipes L _{th} [m]	13,5				
Nominal width of pipe [mm]	20				
Insulation thickness [mm]	40				
Insulation reflective coating?	-				
Thermal conductivity of insulation [W/(mK)]	0,035				
Heat loss coefficient per m of insulated pipe [W/(mK)]	0,135				
Insulation quality of mountings, pipe suspensions, etc.	3 - Good				
Thermal bridge supplement [W/K]	0,208				
Total heating loss coefficient per m of pipe [W/(mK)]	0,159				
Temp. of the room through which the pipes pass [°C]	20	20	20	20	20
Design forward flow temperature [°C]	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
Design system heating load [kW]	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Forward flow temperature control (X if appropriate)	X	X	X	X	X
Design return flow temperature [°C]	45,0				
Annual heat emission per m of plumbing [kWh/(m·a)]	6				
Possible utilisation factor of released heat [η _{pl}]	69%				
Annual heat losses of heating distribution [Q _{h,d} kWh/a]	24				
Annual heat losses of heating storage [kWh/a]					
Annual heat losses of heating [kWh/a]					

Figura 16: Ejemplo hoja de cálculo Distribución ACS. PHPP.

- ACS Solar: si se decide colocar paneles solares en el proyecto, será necesario definir el tipo de colector que se empleará. También la desviación con respecto al norte, la superficie requerida, como el ángulo de inclinación respecto a la horizontal.

Solar thermal system

End-of-terrace Passive House / Climate: PHPP-Standard / TFA: 156 m² / Heating: 12,5 kWh/(m²a) / Freq. overheating: 1 % / PER: 31,6 kWh/(m²a)

Building type: Row house	Treated floor area A _{tr} : 156,0 m²
Projected building footprint A _{foot} : 80,9 m²	
EMBR (thermal workheat): 51,3 kWh/a	
DHW demand (convector/heater): 3758 kWh/a	
Heating demand (heating and DHW-convector/workheat): 1970 kWh/a	
Occupancy: 2,0 Persons	

Location: Selection in 'Area' worksheet

Area: 83 m²	Collector: 4-Standard for plate collector
Free area (less solar thermal and electrical systems): 12,1 m²	Heating support (check if appropriate): X
Deviation from North: 180 °	DHW priority (check if appropriate):
Angle of inclination from the horizontal: 45 °	
Alternative input: Deviation from North: 180 °	
Alternative input: Angle of inclination from the horizontal: 45 °	

Solar collector area

Specific collector area: 5,49 m²
Height of the collector test: 1,08 m
Height of horizon: 6,06 m
Horizontal distance: 1990,00 m
Additional reduction factor shading: 0

Results

Solar contribution total	31%	21,7	1759
Solar contribution to DHW	42%	19,5	1577
Solar contribution to space heating	9%	2,2	182

Determination of PER factors

Yield reference PV syst	PER _{ref}	PER _{max}
993 kWh/a	1,30	0,59
822,4 kWh/a	1,30	0,39
71,6 kWh/a	1,00	0,22

1 CO2 factors GEM (Germany)

kgCO ₂ eq/a	1,0	79
------------------------	-----	----

Figura 17: Ejemplo hoja de cálculo ACS. PHPP.

- IFV: se introducirá las especificaciones técnicas de las placas fotovoltaicas, la zona en la que se ubican respecto al proyecto como el área que abarcará.

Photovoltaic systems

End-of-terrace Passive House / Climate: PHPP-Standard / TFA: 156 m² / Heating: 12,5 kWh/(m²a) / Freq. overheating: 1 % / PER: 31,6 kWh/(m²a)

Climate data set: 02-0895-PHPP-Standard

Building type: Row house	Projected building footprint: 80,9 m²
--------------------------	---------------------------------------

System 1 System 2

Area: 4,00 m²	Area: 4,00 m²
Deviation from North: 180 °	Deviation from North: 180 °
Angle of inclination from horizontal: 45 °	Angle of inclination from horizontal: 45 °
Alternative input: Deviation from North: 180 °	Alternative input: Deviation from North: 180 °
Alternative input: Angle of inclination from the horizontal: 45 °	Alternative input: Angle of inclination from the horizontal: 45 °

Information from the module data sheet

Technology: Monocrystalline silicon	Area (m²): 4,00
Nominal current I _{sc} : 7,71 A	Area (m²): 4,00
Normal voltage U _{oc} : 30,80 V	Area (m²): 4,00
Normal power P _{max} : 238 W	Area (m²): 4,00
Temperature coefficient short-circuit current β _{sc} : 0,003 %/K	Area (m²): 4,00
Temperature coefficient open-circuit voltage β _{oc} : -0,340 %/K	Area (m²): 4,00
Module dimensions height h _{mod} : 1,660 m	Area (m²): 4,00
Module dimensions width b _{mod} : 0,994 m	Area (m²): 4,00
Module area A _{mod} : 1,66 m²	Area (m²): 4,00

Further specifications

Number of modules n _{mod} : 14	Area (m²): 4,00
Height of module array h _{mod} : 2,0 m	Area (m²): 4,00
Height of horizon h _{hor} : 6,06 m	Area (m²): 4,00
Horizontal distance h _{hor} : 1990,0 m	Area (m²): 4,00
Additional reduction factor shading β _{add} : 0%	Area (m²): 4,00
Efficiency of the module η _{mod} : 16%	Area (m²): 4,00

Results

Area of module field: 40,0 m²	Area (m²): 4,00
Free area of the electricity-generating element: 12,1 m²	Area (m²): 4,00
Association to building element: 80%	Area (m²): 4,00
Annual losses due to shading: 0 kWh	Area (m²): 4,00

Annual electricity yield after the inverter, absolute

Electricity yield: 693 kWh/a	Area (m²): 4,00
Electricity yield: 1579 kWh/a	Area (m²): 4,00
Electricity yield: 19,5 kWh/a	Area (m²): 4,00
CO ₂ equivalent emissions according to G102 factors GEM (Germany): 1,0 kgCO ₂ eq/a	Area (m²): 4,00
PER factor according to 1-PE factors (non-renewable) PER: 0,50	Area (m²): 4,00

Figura 18: Ejemplo hoja de cálculo Instalación Fotovoltaica. PHPP.

- Electricidad: se obtendrá la demanda energética requerida por el edificio a partir de los aparatos electrodomésticos utilizados. Se debe asignar si se encuentran dentro o fuera de la envolvente térmica y anotar su demanda estándar.

Electricity demand for residential buildings

End-of-terrace Passive House / Climate: PHPP-Standard / TFA: 156 m² / Heating: 12,5 kWh/(m²a) / Freq. overheating: 1 % / PER: 31,6 kWh/(m²a)

Households: 1	PER and PE factors (kWh/kWh): Electricity: 1,30, 1,8	Solar fraction of DHW/Laundry/Dish: 16%
Persons: 2,0	Non-electric energy carrier for cooking, drying: 1,30, 1,8	Marginal performance ratio DHW: 56%
Living area (m²): 156	Energy carrier for heating: 1,11, 1,6	Marginal performance ratio Heating: 61%
Heating demand (kWh/(m²a)): 12,5	Energy carrier for DHW: 0,65, 0,6	

Application	Used? (1/0)	Within the thermal envelope? (1/0)	Norm demand	Utilisation factor	Frequency	Reference quantity	Useful energy (kWh/a)	Electric fraction	Non-electric fraction	Electricity demand (kWh/a)	Additional demand	Marginal performance ratio	Solar fraction	Non-electric demand (kWh/a)
Dishwashing	1	1	1,10 kWh/Use	1,00	65	/(P*a) * 2,9 P	211	50%	50%	105				
1-DHW connection														
Clothes washing	1	1	0,95 kWh/Use	1,00	57	/(P*a) * 2,9 P	160	55%	45%	88				
1-DHW connection														
Clothes drying with:	1	0	2,00 kWh/Use	0,88	57	/(P*a) * 2,9 P	0	0%	0%	0				
1-Clothes line														
Energy consumed by evaporation	1	0	0,00 kWh/Use	0,60	57	/(P*a) * 2,9 P	0	0%	100%	0				
1-Clothes line														
Refrigerating	1	1	0,28 kWh/d	1,00	365	d/a * 1 HH	102	100%	0%	102				
Freezing	1	0	0,55 kWh/d	0,90	365	d/a * 1 HH	181	100%	0%	181				
or combination	0	1	0,70 kWh/d	1,00	365	d/a * 1 HH	0	100%	0%	0				
Cooking with:	1	1	0,25 kWh/Use	1,00	500	/(P*a) * 2,9 P	369	100%	0%	369				
1-Electricity														
Lighting	1	1	14 W	1,00	2,90	kh/(P*a) * 2,9 P	123	100%	0%	123				
Consumer electronics	1	1	80 W	1,00	0,55	kh/(P*a) * 2,9 P	130	100%	0%	130				
Small appliances, etc.	1	1	50 kWh	1,00	1,00	/(P*a) * 2,9 P	147	100%	0%	147				
Total aux. electricity							482			482				
Other:							0			0				
							0			0				
							0			0				
							0			0				
Total							1905 kWh			1727 kWh				213 kWh
Specific demand										11,1 kWh/(m²a)				1,1 kWh/(m²a)
Recommended maximum value										18				0,6 kWh/(m²a)

Figura 19: Ejemplo hoja de cálculo Demanda de electricidad. PHPP.

4. Ubicación del caso de estudio. Ibiza

Este trabajo de investigación concreta la ubicación del caso de estudio en el mediterráneo, precisamente en la isla de Ibiza. Esta decisión fue tomada por el interés de cómo varía la arquitectura pasiva en un clima cálido, alejándonos del principal criterio de grosor de aislamiento de los climas fríos. De esta manera, se puede obtener una contraposición de la construcción actual pasiva con la construcción tradicional ibicenca, que desde la antigüedad se reconoció por su conciencia por el medio ambiente, sostenibilidad y sobre todo emplear diversos medios pasivos.

El impacto del turismo desde finales del siglo XX trajo consigo un boom en la construcción, sobre todo en la construcción de casas unifamiliares. Muchas de las casas son construidas por arquitectos y empresas exteriores que desconocen la tradición de la arquitectura ibicenca. Construyen con un acabado blanco en la cara exterior y una distribución minimalista en el interior tratando de acercarse a lo que llaman estilo ibicenco. Este desconocimiento de la tradición se debe a los pocos estudios realizados sobre esta tipología de arquitectura.

4.1. Contexto histórico

La isla de Ibiza fue fundada en el año 645 por los Cartagineses como fortaleza y punto estratégico para llevar a cabo negocios comerciales por el mediterráneo. La isla fue conquistada por fenicios, cartagineses, romanos, musulmanes y catalanes, lo que explica las constantes amenazas e invasiones junto con periodos de pobreza, surgiendo así la arquitectura defensiva y de carácter militar. Tanto los habitantes, invasores o comerciantes conocían la isla como “La isla blanca”. Este título quedó reflejado en su arquitectura: fortalezas, murallas, casas payesas, torres de defensa e iglesias se caracterizan por su presencia blanca entre campos de cultivo.

La vida en Ibiza fue de carácter rural hasta la llegada del turismo, donde se produjo un cambio social, cultural y económico dando lugar a un boom urbanístico que hasta entonces no se había vivido. Este impacto trajo consigo el abandono de la actividad agrícola, ya que los payeses podían ganar mayor dinero con el turismo. También aumentó la edificación, pero no de la manera esperada sino simplemente para abastecer la necesidad de alojar turistas y trabajadores. Este tipo de arquitectura se aleja totalmente de la tipología rural.

Hoy en día se continúa observando un boom urbanístico junto con un alto nivel de especulación del suelo, causando una subida de precios descontrolada. El principal causante de ello continúa siendo el turismo junto con la limitación de superficie de terrenos construibles. No se deben perder más construcciones típicas por la simple razón de querer construir. Nuevas edificaciones deberían intentar mantener el espíritu de la arquitectura ibicenca, la pureza de la forma, el conocimiento de la autosuficiencia como la simplicidad de los elementos.

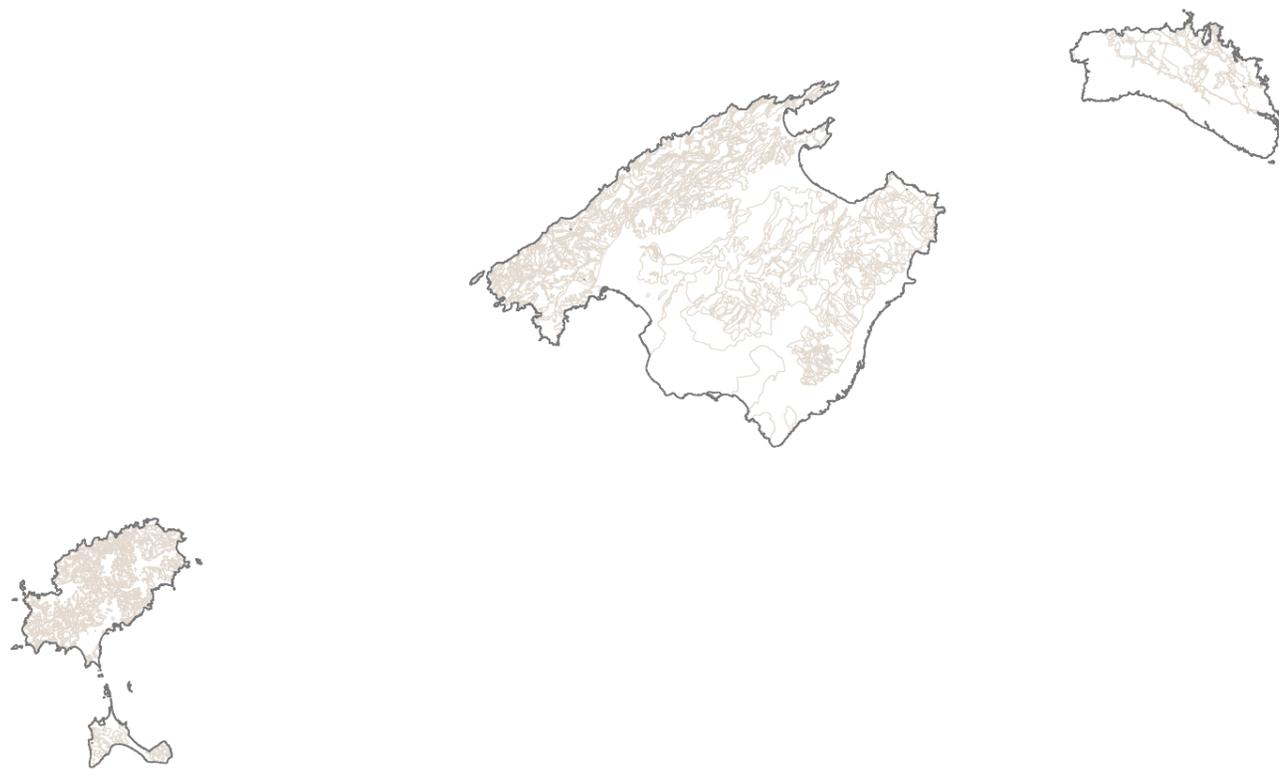
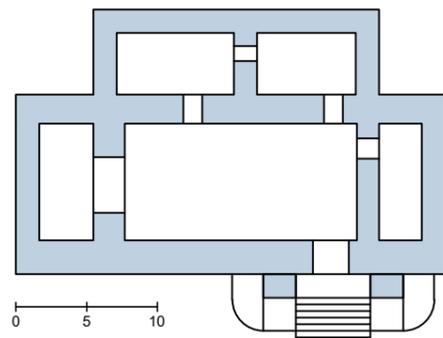
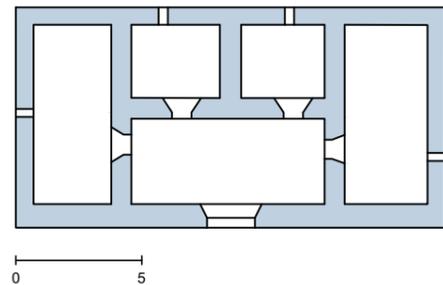


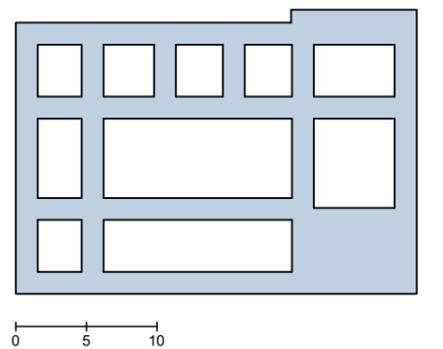
Figura 20: Plano de las Islas Baleares.



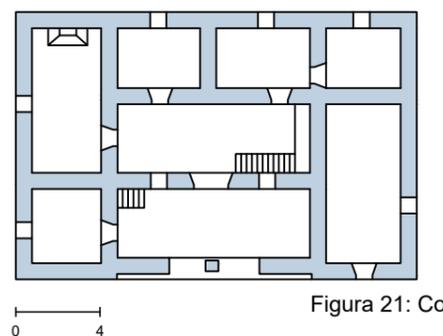
Planta del templo de Asur (2000 a.C.)



Planta tipo de la casa ibicenca



Planta de un palacio Salomón



Planta actual de una casa ibicenca

Figura 21: Comparativa histórica de la distribución de una casa payesa.

4.2. Tipologías de construcción tradicional ibicenca

La construcción rural de la isla se origina en el Neolítico en Oriente. Con el paso de los años se ha ido formando un claro esquema muy característico: se plantea un núcleo central - habitación rectangular- con un acceso en uno de sus lados largos. Se le añaden entre dos a tres estancias en la cara opuesta junto con una estancia en uno o dos laterales cortos. Este primer esquema fue utilizado en 2000 a.C. como esquema de palacio tanto para palacios asirios como en las ciudades de Siria y Palestina.

Avanzando en el tiempo, hacia 1000 a.C. la planta tipo de la habitación rectangular evoluciona colocando un anexo de zona porchada. Apareció con los fenicios y los palestineses, donde fue aplicado a los palacios gracias al conocimiento especializado de arquitectos y constructores. Con la evolución de la arquitectura durante los siglos XIX y XX, se han ido modificando las zonas porchadas convirtiéndolas en habitaciones rectangulares mediante el cierre del frente abierto. Aun así, tanto abierto como cerrado, este espacio organizaba toda la casa haciendo girar las estancias alrededor de él. Las zonas porchadas mostraban también un claro protagonismo en las fachadas de la casa. La frontalidad es un rasgo que aparece en todas las casas payesas, dando a entender la colocación formal de los elementos que la conforman. La sencillez de la geometría rectilínea, el purismo funcional y estructural, el protagonismo de las fachadas junto con la ausencia de ornamentos son las principales características de la arquitectura tradicional. Hoy en día continúan siendo los elementos decisivos para las nuevas construcciones mezclados con una corriente más minimalista.

4.3. Ubicación y orientación

Las propiedades se rodean de terreno rural/ agrícola junto con una serie de caminos, también conocidos como bancales, que servían para la correcta plantación en terrenos con pendiente. Entre los bancales se situaban también los caminos de acceso a la propiedad. Los muros se adaptan muchas veces a las líneas de los bancales potenciando la dirección paralela. La casa se orienta principalmente a sur para poder garantizar una captación de las horas solares y poder evitar los vientos opuestos. Por esta razón, las construcciones se sitúan en la ladera hacia sur.

Las casas tradicionales tienen su origen en el Neolítico en el Próximo Oriente, donde se marca un claro esquema a partir del núcleo de habitación rectangular con una puerta de acceso ubicada en un lado mayor. Conocido como "long room" se colocaban dos o tres habitaciones en el lado largo opuesto a la puerta con una habitación en el lado corto. Esta tipología de planta evoluciona de manera que el long room recibe un pórtico. Durante el siglo XIX y XX, en la isla se transformaron los porches en una especie de long room para formar la zona central de la casa. La casa ibicenca mantiene un balance entre la forma arquitectónica tradicional (unidad, norma, tipo...), los aspectos figurativos y espaciales de la imagen. Arquitectos del Gatepac estuvieron fascinados por la adaptación al terreno, las medidas de las piezas utilizadas en las casas como las condiciones de la vida en el campo.³

³ MESTRE, B., TORRES TUR, E., 1980. Guía de arquitectura de Ibiza y Formentera. Cuadernos de arquitectura y urbanismo. Núm.: 142-143.

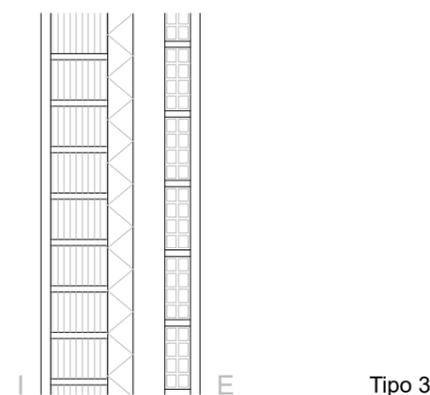
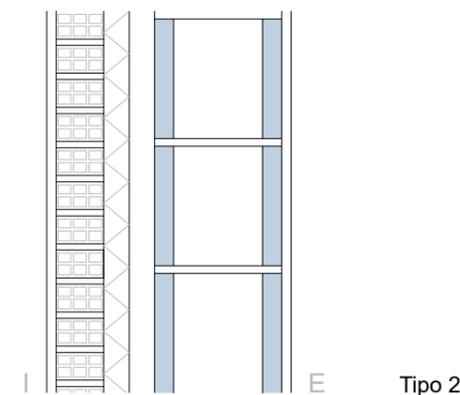
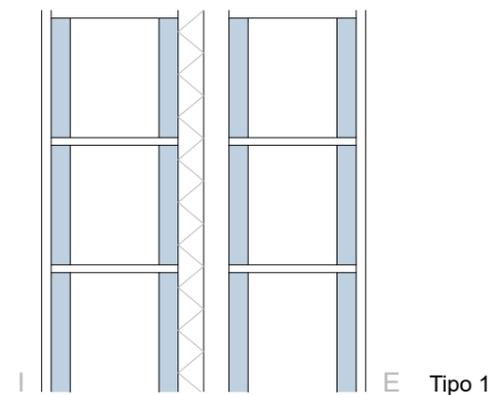


Figura 22: Detalles constructivos de tipología ibicenca.

4.4. Materiales

Antiguamente, la construcción de la casa se entendía como un asunto familiar, se ubicaba en los terrenos de la propia familia buscando siempre una tierra de baja fertilidad y con niveles rocosos. La cimentación era relativamente pequeña comparada con la gran anchura del muro. Los muros medían fácilmente entre 50-80 cm y los materiales tradicionales que se usaban eran del propio lugar como tierra, piedra seca, arena, arcilla y cal. Se colocaban dos capas de piedras con una capa intermedia mezcla de tierra y piedras más pequeñas. El revestimiento típico de cal o yeso se colocaba en ambas caras quedando el acabado característico blanco.

Este sistema de construcción traía consigo la ventaja térmica en verano, que por su grosor garantiza un confort en su interior cuando en el exterior las temperaturas son muy elevadas. Por el contrario, en los meses de invierno impacta el alto nivel de humedad junto con el frío. Este será uno de los puntos clave a resolver en las construcciones más modernas y también para los elementos bajo criterios Passivhaus, que se analizarán más adelante.

Con el avance del tiempo se ha ido reduciendo la sección de los muros a unos 30-50 cm. Los materiales más usados son bloques de hormigón o ladrillos cerámicos. Las secciones más típicas encontradas en las construcciones ibicencas son las siguientes: ⁴

- Fachada doble de bloque de hormigón con una cámara de aire y aislamiento térmico revocado con mortero. Acabado blanco. (Tipo 1)
- Fachada de bloque de hormigón junto con ladrillo cerámico separado por una cámara de aire y aislamiento térmico revocado con mortero. Acabado blanco. (Tipo 2)
- Fachada doble de ladrillo cerámico con una cámara de aire y aislamiento térmico. Estructura de pilares de hormigón armado. Revoco de mortero. Acabado blanco. (Tipo 3)

No todas las edificaciones en la isla siguen estas tipologías. Asombrosamente, hoy en día, se encuentran construcciones de inicios del siglo XXI que no presentan aislamiento térmico en su interior, pensando que una cámara de aire sería suficiente para confort térmico en el interior. El clima de la isla es muy caluroso en verano pero puede ser frío en los meses de invierno, siempre con niveles altos de humedad. El impacto del clima como posibles problemas de condensación producirán graves problemas en la envolvente térmica.

⁴ Oliver Marí, Laura. Análisis de la arquitectura ibicenca. (en línea). Septiembre 2018. Disponible en: https://issuu.com/lauraolivermari/docs/tfg_imprimir_final_encuadernar



Figura 23: Plano de la isla de Ibiza.

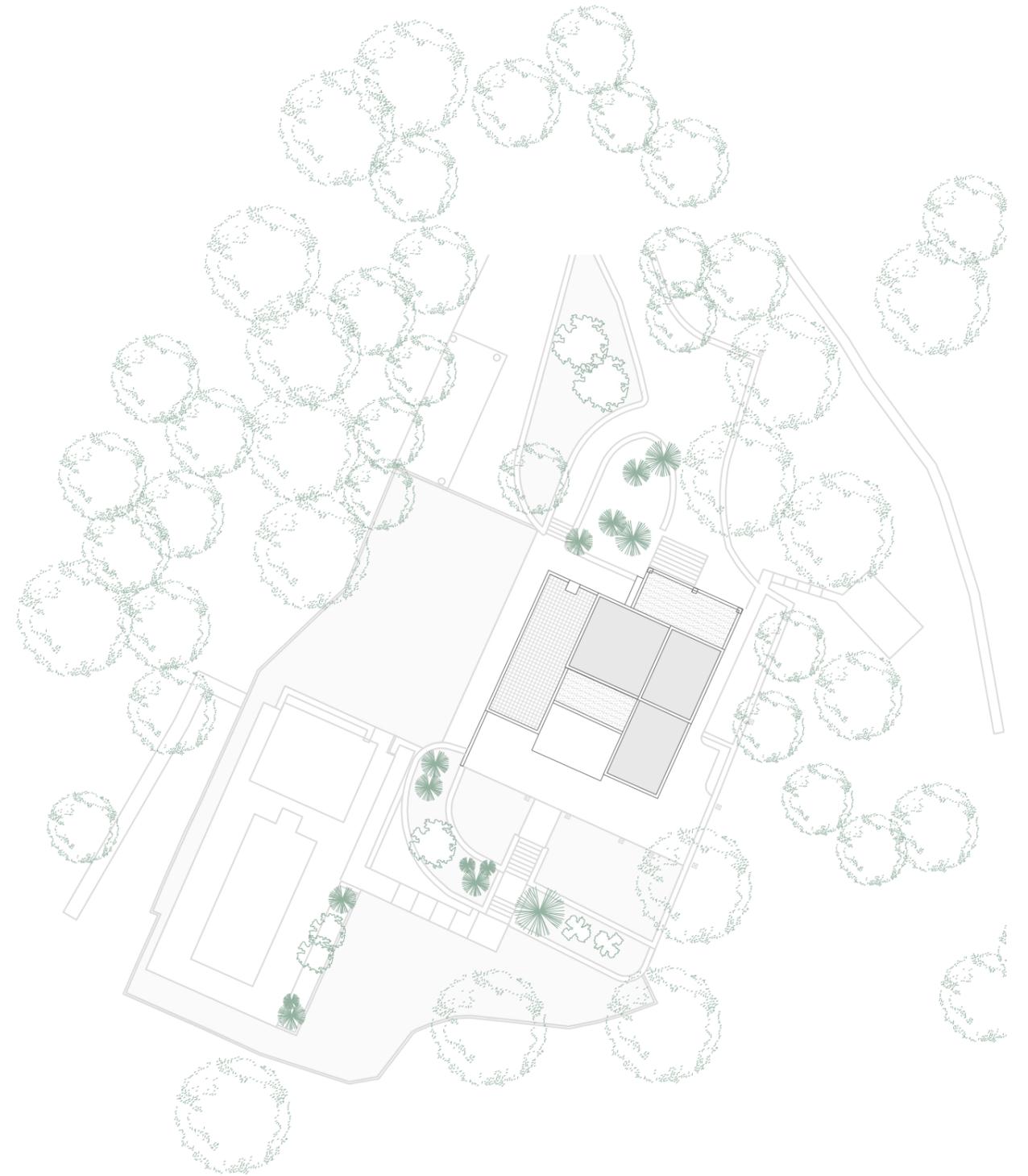


Figura 24: Plano de emplazamiento de la casa.

5. Edificio de estudio

Se trata de una casa unifamiliar aislada con ubicación en la isla de Ibiza, Islas Baleares, España. La altitud del emplazamiento es de 205 metros. Se trata de un edificio de planta sótano, planta baja y planta primera, siendo la planta sótano abierta al exterior en uno de sus cuatro laterales.

La superficie construida del edificio es de unos 450 m² con orientación principal norte-sur, siguiendo los criterios de diseño tradicional ibicenco. De este modo, el edificio puede maximizar sus ganancias en invierno. En los meses de verano necesitará de una protección por la radiación solar. El volumen se forma a partir de la colocación de las estancias alrededor de un vestíbulo como núcleo principal siguiendo el esquema típico explicado anteriormente. El núcleo central junto con la escalera está vinculado a la zona porchada para poder recibir una mayor proyección de sombra.

La planta de acceso, llamada planta baja (PB), es el nivel de acceso a la propiedad. Alberga las zonas como cocina - comedor, oficina, aseo y el gran salón. Cada zona tiene posibilidad de abertura hacia el exterior. La planta superior (PP), de dimensiones más reducidas, coloca los dormitorios principales en la franja orientada a este recibiendo proyección de sombra por los árboles cercanos. La planta inferior, llamada planta sótano (PS), ubica los dormitorios secundarios en el lado oeste para poder aprovechar la incidencia solar de tarde, siendo este el único lado con abertura al exterior en esta planta. Se colocan las salas de máquinas y la lavandería en esta planta cercano al muro de contención de tierras.

El sistema constructivo de la casa es una estructura de hormigón armado con bloques de hormigón, cámara de aire y ladrillo cerámico, junto con revoco de mineral de cal en el exterior y revoco de yeso en el interior como fachada. La cubierta es plana transitable con acabado en grava o baldosa en caso de la terraza. Durante la investigación se descubrió que la casa no está dotada de aislamiento térmico, debido a lo cual se explican problemas de confort en el interior junto a una gran carga de refrigeración como calefacción. Esta tipología de fachada no se incluyó en la comparación a continuación porque no cumpliría con los criterios para la certificación Passivhaus, tendría que considerarse como una rehabilitación enerphit.

Superficies:

PLANTA BAJA		PLANTA SUPERIOR		PLANTA SÓTANO	
Hall de entrada	14,50 m ²	Distribuidor superior	16,48 m ²	Distribuidor inferior	12,37 m ²
Vestíbulo	38,15 m ²	Dormitorio 1	18,82 m ²	Dormitorio 3	18,14 m ²
Escalera	14,28 m ²	Vestidor 1	7,56 m ²	Baño 3	5,91 m ²
Cocina/ Comedor	45,85 m ²	Baño 1	9,82 m ²	Dormitorio 4	21,48 m ²
Oficina	7,96 m ²	Dormitorio 2	13,10 m ²	Baño 4	6,75 m ²
Distribuidor	2,43 m ²	Baño 2	6,80 m ²	Dormitorio 5	16,88 m ²
Aseo	2,06 m ²			Baño 5	4,94 m ²
Sala de estar	58,87 m ²			Trastero	9,62 m ²
				Sala técnica	21,17 m ²
				Sala máquina	10,51 m ²

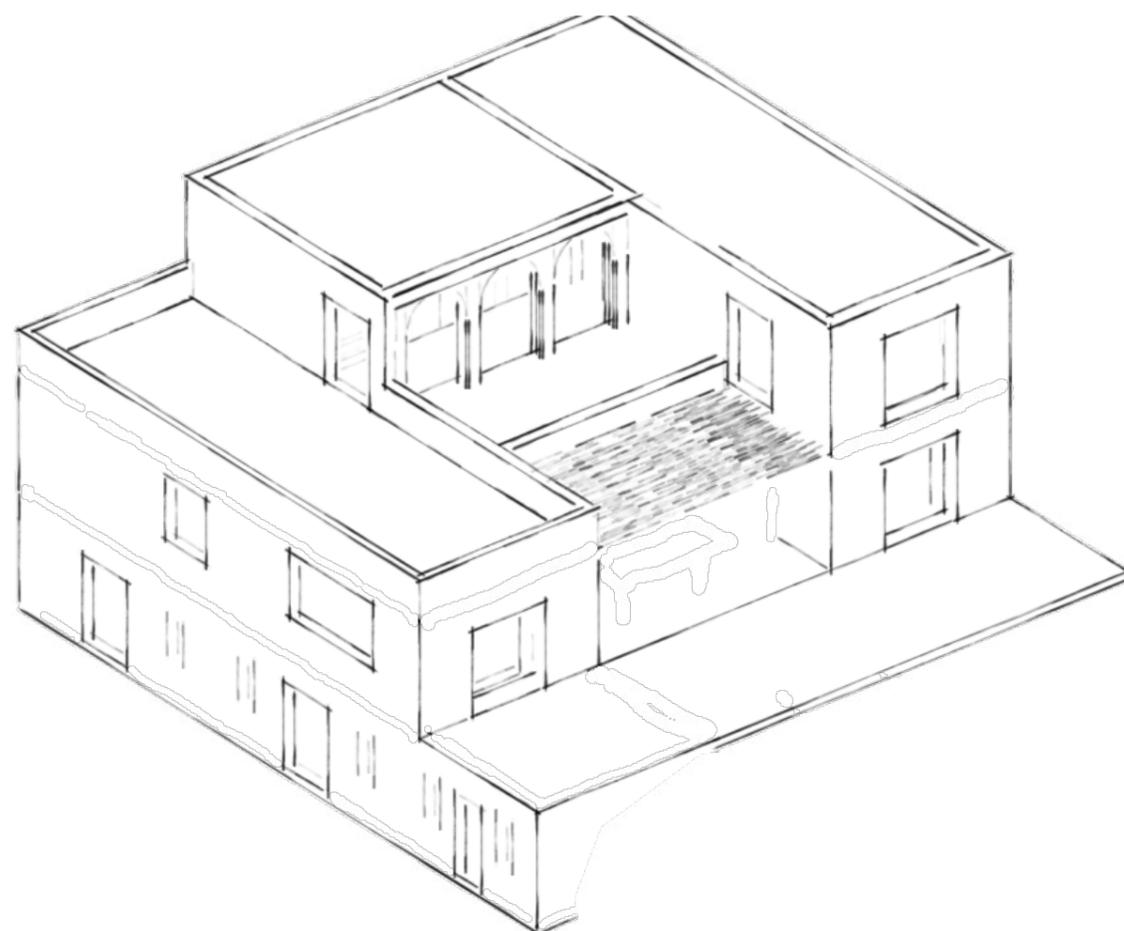


Figura 25: Axonometría del caso de estudio.

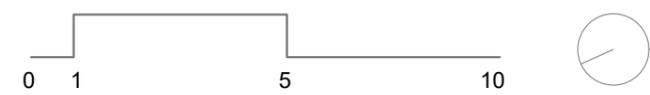
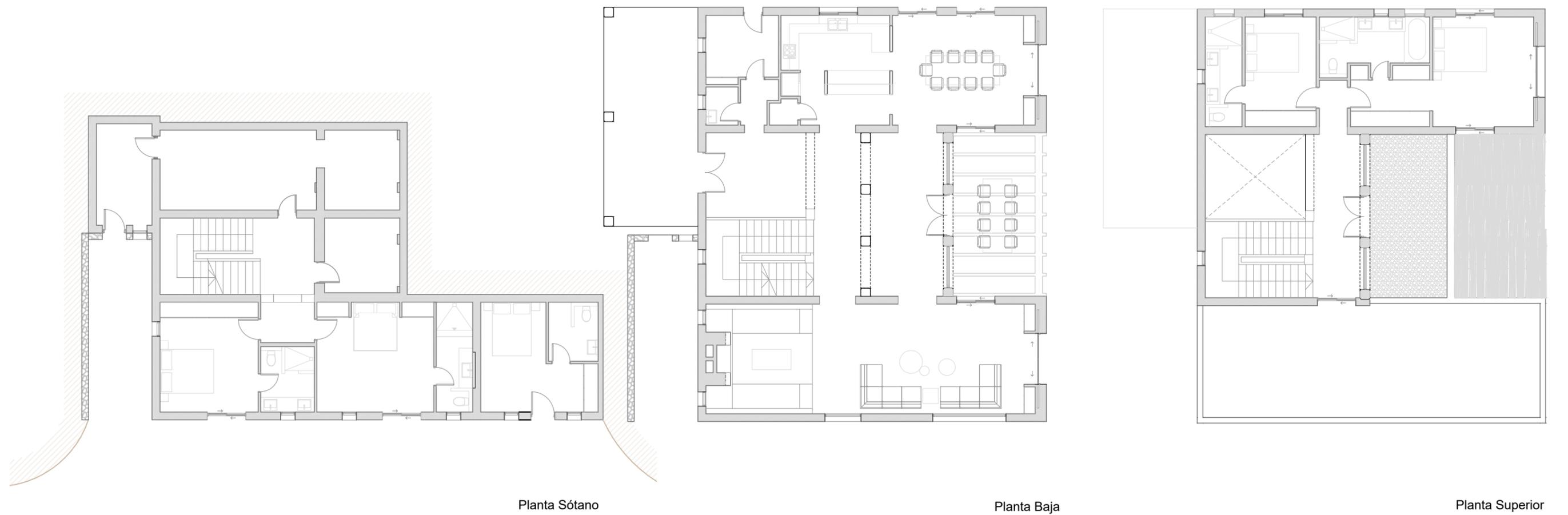
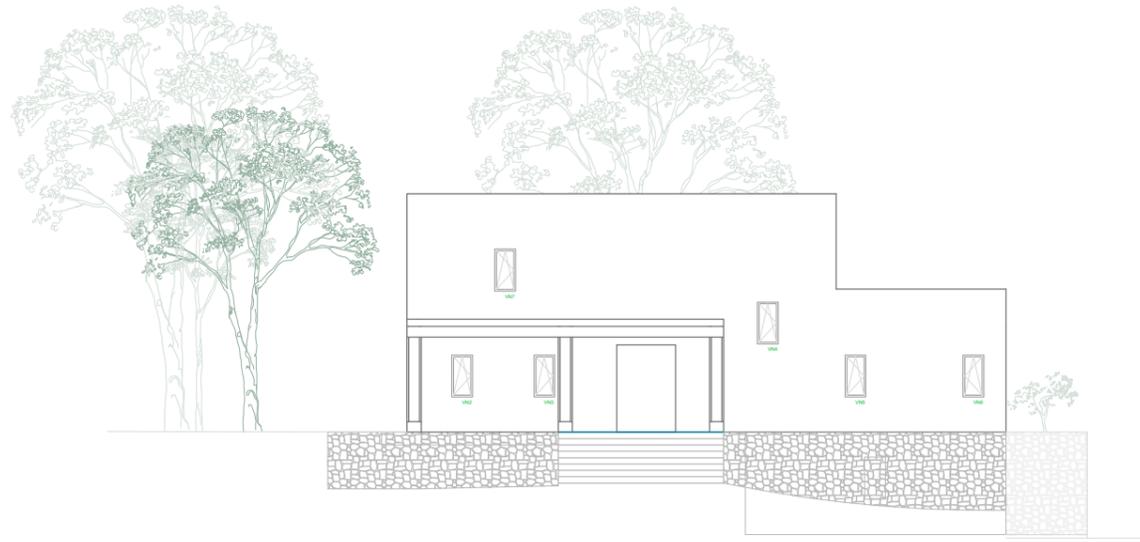


Figura 26: Planos de la casa.



Alzado norte



Alzado sur



Alzado este



Alzado oeste



Figura 27: Alzados de la casa.

6. Sistemas constructivos a comparar

A continuación se detallan los sistemas constructivos que se introducirán en el Passive House Planning Package (PHPP) para poder realizar una comparación entre sus distintos comportamientos. Se analizarán tipologías distintas para poder entender los requerimientos distintos que necesitan o si pueden tener similitudes. Todos los sistemas constructivos seguirán en una misma línea, el aspecto exterior es un acabado exterior de estuco blanco, mientras que la tipología constructiva evoluciona desde métodos tradicionales hacia elementos más actuales. En los detalles constructivos se puede observar la fachada completa, mientras que en el desglose de los componentes de la fachada se introducirán solamente los elementos que conforman la envolvente térmica.

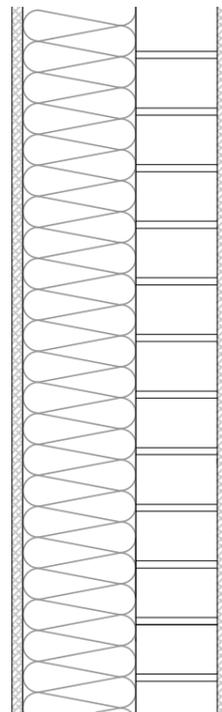


Figura 28:
Sistema A
Ladrillo cerámico

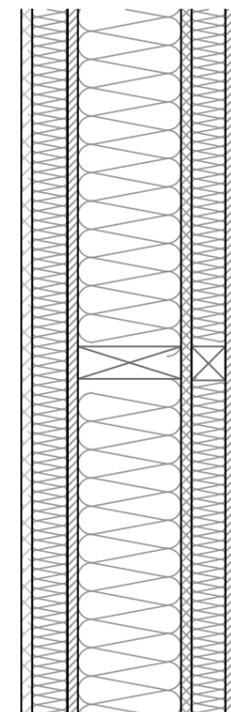


Figura 29:
Sistema B
Entramado ligero
de madera

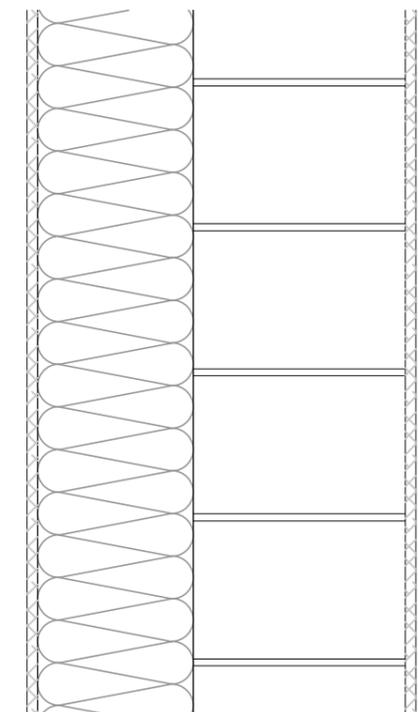


Figura 30:
Sistema C
Bloque hormigón
celular

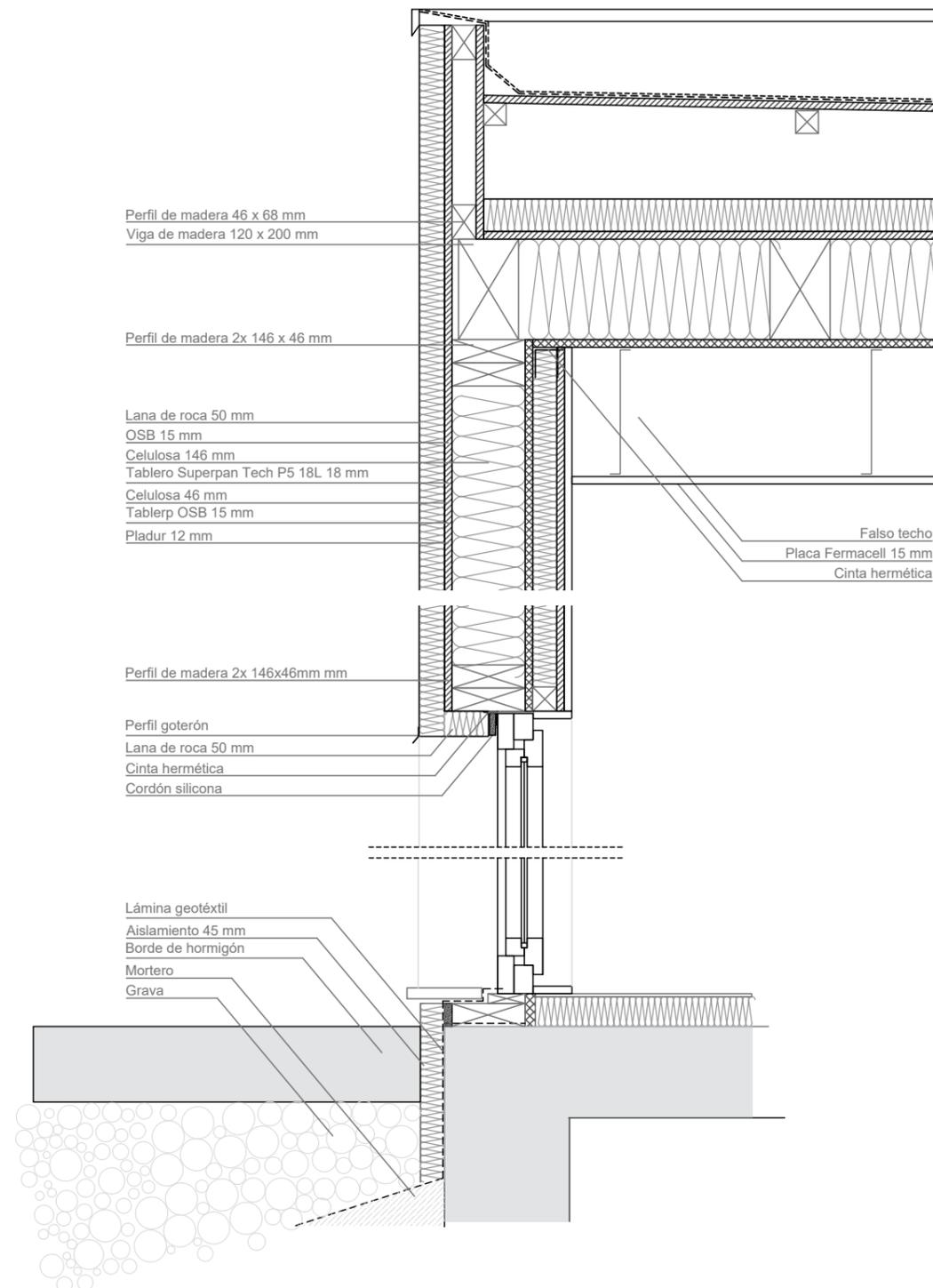


Figura 31: Detalle constructivo de la envolvente térmica.

Sistema A: Entramado ligero de madera ⁵

El sistema de entramado ligero de madera se crea a partir de la unión de las distintas estructuras superficiales como son los muros exteriores, los forjados y las cubiertas. En este tipo de construcciones se utiliza un alto número de piezas, que suelen ser registradas y certificadas en la fase de prefabricación para poder facilitar el modulaje de los elementos más grandes. El ensamblaje de las piezas se da mediante juntas simples a través de clavos, tornillos o grapas. De esta manera, se puede garantizar una rápida puesta en obra, gracias a las piezas prefabricadas como la construcción en seco, que suele ser inferior al tiempo de construcción de sistemas más convencionales.

La colocación de aislante en este tipo de construcción es facilitado por las cavidades del muro, se aprovechan los espacios interiores para la colocación de estos como también el paso de instalaciones si el proyecto lo requiere. Un criterio importante es poder garantizar la correcta ejecución de la capa de hermeticidad para que no se puedan producir variaciones de espesores por causa del agua; pero la correcta ejecución de la hermeticidad es uno de los principales criterios del estándar Passivhaus.

Según esta tipología, se diferencia la construcción del entramado principal que hace referencia a la estructura portante. Para el caso de estudio, la estructura del edificio se asienta sobre una lisa de hormigón armado con aislamiento de poliestireno extruido (XPS) para garantizar una buena base portante para el resto del edificio. A su vez, se proyectarían los muros de la planta sótano, que están en contacto con el terreno, en hormigón armado con aislamiento térmico XPS. El cerramiento principal en contacto con el aire exterior se forma a partir de varias capas estructurales de madera cerradas por paneles de madera. En el interior se colocaría un acabado de pladur. El aislamiento térmico interior de celulosa sería insuflado entre la estructura de madera. Como acabado exterior se coloca lana de roca con un revoco de mortero blanco.

La cubierta sería de tipología ventilada, colocándose en su interior el mismo aislamiento que fue empleado en fachada. Será necesario colocar una membrana para el control de vapor de agua para poder facilitar la evaporación.

Superficie parcial	λ (W/mK)	Superficie parcial	λ (W/mK)	Superficie parcial	λ (W/mK)	Espesor (mm)
Pladur	0,250					12
Placa OSB	0,130					15
Aislamiento celulosa	0,038	Estructura madera	0,130			35
Placa estructural	0,140					18
Aislamiento celulosa	0,038			Estructura madera	0,130	100
Placa OSB	0,130					15
Lana de roca	0,036					40
Total:						23,50 cm
Resistencia térmica superficial						(m ² K/W)
interior R _{si}						0,13
exterior R _{se}						0,04
Valor-U:						0,217 (W/m ² K)

Figura 32: Transmitancia térmica de la fachada

⁵ Información obtenida de la documentación de proyecto Casa Gema. (en línea): https://www.energiehaus.es/wp-content/uploads/2020/10/ABSTRAC_PARA_NEWSLETTER_Apendix_III_Project-Documtation-Casa-Arbo%C3%A7-GEMA-Wassouf.pdf

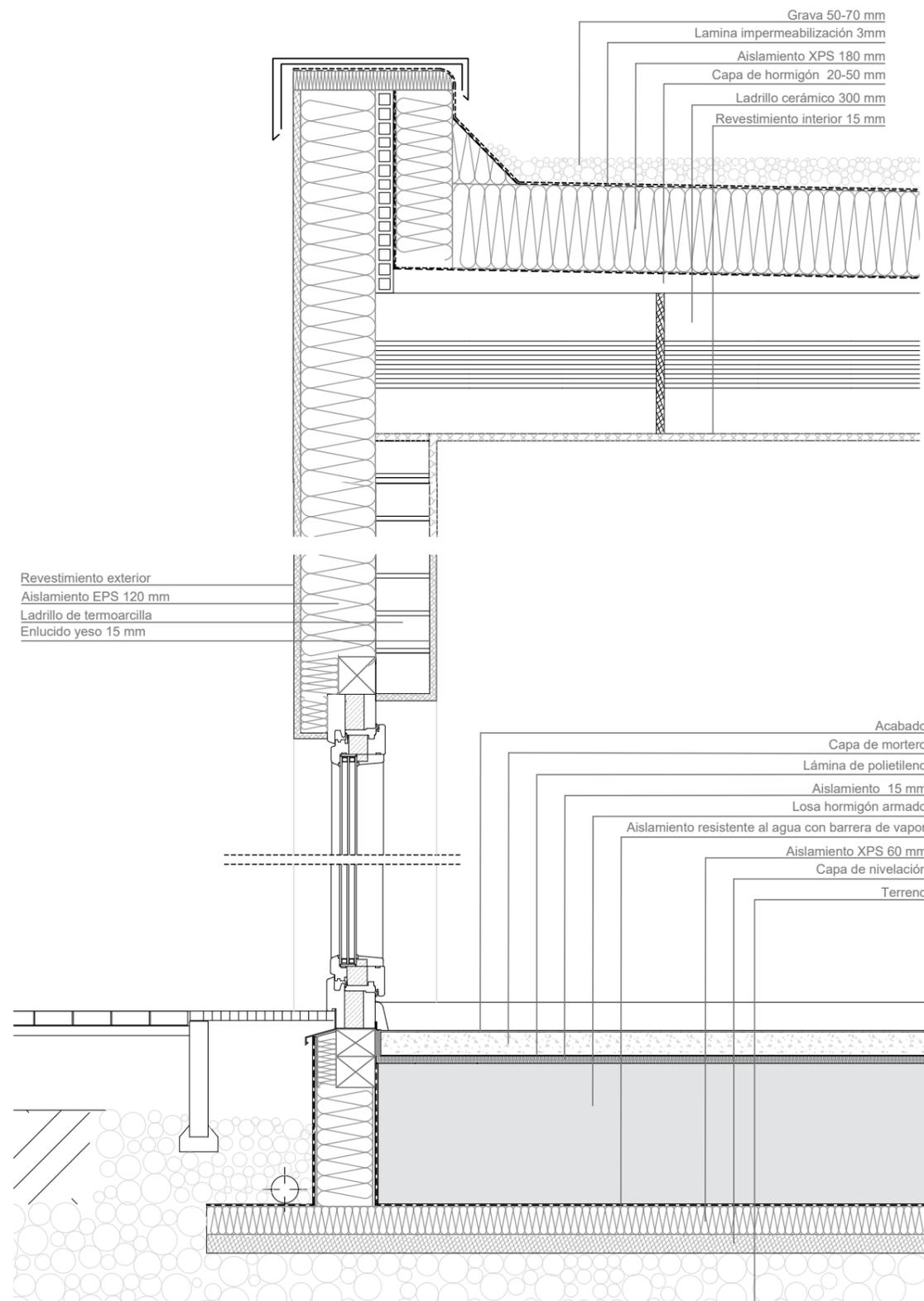


Figura 33: Detalle constructivo de la envolvente.

Sistema B: Ladrillo de termoarcilla ⁶

Una fachada formada por ladrillo cerámico es un método de construcción tradicional pero gracias a la creación de ladrillos de termoarcilla se consigue un rendimiento más ventajoso que con el ladrillo convencional. La termoarcilla se caracteriza por ser de origen natural, formada mediante una mezcla de arcillas con diversos materiales granulares se crea una masa fina que acaba recibiendo forma de ladrillo. La pieza de ladrillo colocada en una sola hoja de muro puede conseguir prestaciones similares a muros convencionales de dos hojas. Con la gran cantidad de huecos que presenta un ladrillo de termoarcilla se mejoran las prestaciones térmicas gracias al aire que se sitúa en sus cavidades.

La fachada de termoarcilla se encuentra recubierta por aislamiento térmico en todo su perímetro, tanto en fachada como cubierta, para poder garantizar la continuidad de la capa de aislamiento según los requerimientos del estándar Passivhaus y evitar posibles puentes térmicos. La fachada se construye en obra mediante el aparejo de las piezas aligeradas siguiendo el sistema de machihembrado fijándolas mediante mortero. La capa prefabricada de SATE (aislamiento térmico por el exterior) se fija de manera mecánica, aunque hay otras tipologías donde el aislamiento es proyectado de manera directa sobre el ladrillo. Aquí el acabado exterior también es de enfoscado con pintura blanca.

Para el cálculo se propone una cubierta de ladrillo cerámico junto con una capa de aislamiento de 18 cm cubierta por una capa de gravas de alrededor 5 cm. Se colocan las capas de impermeabilización necesarias.

Superficie parcial	λ (W/mK)	Espesor (mm)
Enlucido de yeso	1,400	5
EPS	0,038	120
Cemento adhesivo	1,400	2
Termoarcilla	0,438	140
Pladur	0,800	10
Lana mineral	0,036	60
Pladur laminado doble	0,250	25
Total:		36,20 cm
Valor-U:		0,184 (W/m ² K)

Resistencia térmica superficial	(m ² K/W)
interior R _{si}	0,13
exterior R _{se}	0,04

Figura 34: Transmitancia térmica de la fachada

⁶ Información obtenida de la documentación técnica (en línea): <https://www.isover.es/documentacion/detalles-constructivos-multi-confort-house>

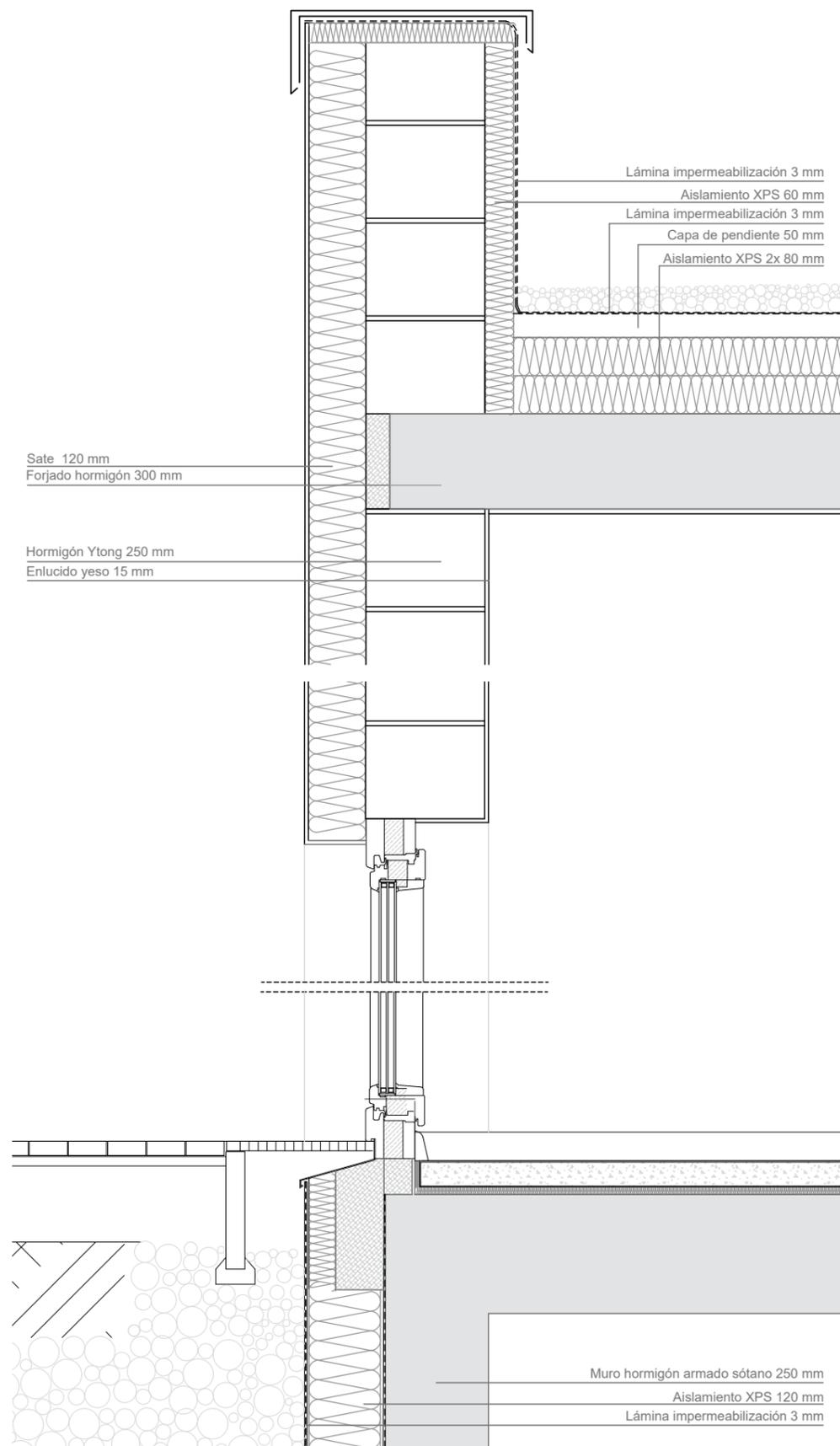


Figura 35: Detalle constructivo de la envolvente.

Sistema C: Bloque de hormigón celular ⁷

El hormigón celular es un material que se forma mediante la combinación de arena blanca, cal, cemento, agua y una agente de expansión. A partir de esta mezcla se forman bloques aptos para la construcción. Las estructuras con hormigón celular presentan alta resistencia a compresión como también un buen comportamiento térmico.

A la hora de construir con hormigón celular ha habido un gran avance en sus sistemas, es posible construir una estructura portante a partir de bloques (como se muestra en el detalle constructivo) pero también hay otros sistemas como elementos prefabricados desde pequeña a gran escala. Los muros de carga de bloques comienzan con un grosor de 20 cm, aunque mayoritariamente se utilizan bloques de 25 cm (densidad de 350 kg/m³) y se dejan los bloques de 20 cm (densidad de 500 kg/m³) para paredes interiores de carga.

La baja densidad de los bloques facilita el montaje de las piezas en obra. La fachada se monta a partir de bloques de hormigón celular recubierto por un sate, aislamiento térmico en el exterior. de unos 120 mm. Aunque este tipo de bloque ya presenta características aislantes, es necesario colocar un aislamiento por el exterior ya que es un material muy poroso. Se podrían dar problemas de condensación como el paso de vapor de aire. Otras soluciones consideran colocar el aislamiento en la cara interior de la fachada.

La cubierta presenta una doble capa de aislamiento térmico para garantizar la protección de la radiación solar, que tiene un elevado impacto en elementos horizontales. Para el cálculo se considera el forjado de la cubierta de hormigón armado, pero también podría ser prefabricado con otras prestaciones distintas. Para el cálculo se ha querido analizar la versión más restrictiva.

Superficie parcial	λ (W/mK)	Espesor (mm)
Aislamiento	0,037	120
Ytong	0,090	250
Enlucido de yeso	0,570	15
Total:		38,50 cm
Valor-U:		0,161 (W/m ² K)

Resistencia térmica superficial	(m ² K/W)
interior Rsi	0,13
exterior Rse	0,04

Figura 36: Transmitancia térmica de la fachada

⁷ Información obtenida de la documentación de proyecto Casa Spano (en línea): https://passivehouse-database.org/#d_4595 y de la documentación técnica (en línea): https://www.ytong.es/es/docs/Guia_Tecnica_2021_web.pdf



Figura 37: Datos climáticos . PHPP.

Nº de área	Denominación elemento constructivo	Hasta grupo No.	Asignación al grupo	Can. total	x	a	b	Definido por el usuario [m²]	Restado por el usuario [m²]	Sustracción de las ventanas [m²]	Superficie [m²]	Selección de elemento constructivo / sistema constructivo certificado	Valor-U [W/m²K]	Desviación respecto al este	Ángulo de inclinación respecto a la horizontal	Orientación	Factor de reducción de sombras total	Abroración de la envolvente exterior	Emissividad exterior	
0	Huella proyectada del edificio	0	Huella proyectada del edificio	1	x	x	x	277,16	-	-	277,2									
1	Superficie de referencia energética	1	SRE (eq. de referencia energética)	1	x	x	x	361,72	-	-	361,7									
7	Planta exterior	7	Planta exterior	1	x	x	x	-	-	-	-									
1	Muro ext. Murole PB	1	Muro ext. - aire ext.	1	x	10,17	x	3,94	-	-	11,07	0,27	0,199	316	90	North	0,70	0,40	0,90	
2	Muro ext. Murole PB	2	Muro ext. - aire ext.	1	x	14,99	x	3,10	-	-	11,07	0,27	0,199	316	90	North	0,70	0,40	0,90	
3	Muro ext. Murole PB	3	Muro ext. - terreno	1	x	5,90	x	3,10	-	-	11,07	0,27	0,199	316	90	North	0,70	0,40	0,90	
4	Muro ext. Murole PB	4	Muro ext. - aire ext.	1	x	1,40	x	3,10	-	-	11,07	0,27	0,199	316	90	North	0,70	0,40	0,90	
5	Muro ext. Murole PB	5	Muro ext. - aire ext.	1	x	14,10	x	3,94	-	-	11,07	0,27	0,199	316	90	East	0,70	0,40	0,90	
6	Muro ext. Murole PB	6	Muro ext. - aire ext.	1	x	14,10	x	3,18	-	-	11,07	0,27	0,199	316	90	East	0,70	0,40	0,90	
7	Muro ext. Murole PB	7	Muro ext. - terreno	1	x	21,12	x	3,10	-	-	11,07	0,27	0,199	316	90	East	0,70	0,40	0,90	
8	Muro ext. Murole PB	8	Muro ext. - aire ext.	1	x	14,10	x	3,94	-	-	11,07	0,27	0,199	316	90	East	0,70	0,40	0,90	
9	Muro ext. Murole PB	9	Muro ext. - aire ext.	1	x	14,99	x	3,17	-	-	11,07	0,27	0,199	316	90	Sur	0,70	0,40	0,90	
10	Muro ext. Murole PB	10	Muro ext. - terreno	1	x	12,44	x	3,10	-	-	11,07	0,27	0,199	316	90	Sur	0,70	0,40	0,90	
11	Muro ext. Murole PB	11	Muro ext. - aire ext.	1	x	6,28	x	3,08	-	-	11,07	0,27	0,199	316	90	Sur	0,70	0,40	0,90	
12	Muro ext. Murole PB	12	Muro ext. - aire ext.	1	x	14,30	x	3,18	-	-	11,07	0,27	0,199	316	90	Oeste	0,70	0,40	0,90	
13	Muro ext. Murole PB	13	Muro ext. - aire ext.	1	x	21,12	x	3,10	-	-	11,07	0,27	0,199	316	90	Oeste	0,70	0,40	0,90	
14	Solera	11	Solera / losa piso / forjado sándwich	1	x	x	x	-	-	-	181,70	0,0	181,7	0,146						
15	Losa PB	15	Losa PB	1	x	x	x	-	-	-	242,97	0,0	242,97	0,0						
16	Losa PB	16	Losa PB	1	x	x	x	-	-	-	123,24	0,0	123,24	0,0						
17	Cubierta 1	18	Techo / cubierta - Aire ext.	1	x	x	x	-	-	-	123,24	0,0	123,24	0,203	0,36	0	Hor	0,70	0,70	0,90
18	Cubierta 2	19	Techo / cubierta - Aire ext.	1	x	x	x	-	-	-	24,54	0,0	24,54	0,203	0,36	0	Hor	0,70	0,70	0,90
19	Cubierta 3	19	Techo / cubierta - Aire ext.	1	x	x	x	-	-	-	38,2	0,0	38,2	0,203	0,36	0	Hor	0,70	0,70	0,90

Figura 38: Superficies. PHPP.

Superficie de referencia energética (SRE)	361,72 m²
Volumen neto de aire interior	1187,88 m³

Estancia	Factor reducción	Superficie (m²)	Superficie computable (m²)	Altura media (m)	Volumen (m³)
Planta Baja					
Hall	1,00	15,35	15,35	6,30	96,71
Vestíbulo	1,00	12,7	12,70	3,10	39,37
Salón	1,00	60,8	60,80	3,10	188,48
Cocina- Comedor	1,00	45,99	45,99	3,10	142,57
Dispensa	1,00	1,17	1,17	3,10	3,63
Distribuidor Ofi	1,00	2,43	2,43	2,70	6,56
Oficina	1,00	7,96	7,96	3,10	24,68
Aseo	1,00	2,06	2,06	2,06	4,24
Planta Primera					
Distribuidor	1,00	15,29	15,29	2,75	42,05
Habitación 1	1,00	18,63	18,63	2,70	50,30
Baño 1	1,00	9,75	9,75	2,70	26,33
Vestidor 1	1,00	7,56	7,56	2,70	20,41
Habitación 2	1,00	13,1	13,10	2,70	35,37
Baño 2	1,00	6,79	6,79	2,70	18,33
Planta Sótano					
Escalera		13,82	7,15	8,80	121,62
Lavadero	1,00	9,48	9,48	2,73	25,88
Sala Técnica	1,00	21,06	21,06	2,73	57,49
Sala Máquinas	1,00	10,12	10,12	2,73	27,63
Trastero	1,00	9,44	9,44	2,73	25,77
Distribuidor	1,00	11,27	11,27	2,73	30,77
Habitación 3	1,00	18,13	18,13	2,73	49,49
Baño 3	1,00	5,9	5,90	2,73	16,11
Habitación 4	1,00	21,6	21,60	2,73	58,97
Baño 4	1,00	6,75	6,75	2,73	18,43
Habitación 5	1,00	16,3	16,30	2,67	43,52
Baño 5	1,00	4,94	4,94	2,67	13,19

Figura 39: Superficie de referencia energética.

7. Comparación en PHPP

Se desglosará la información introducida en la hoja de cálculo para comprobar si los distintos tipos de fachadas cumplen con los criterios Passivhaus en el clima balear. A su vez, se determinará qué tipo de ajustes se deben establecer durante el proceso. Se procederá en el mismo orden que en el apartado de teórico de PHPP.

- **Clima:** Especificando los datos climáticos se averiguó la estación meteorológica más cercana posible. Para el caso de estudio fue la estación meteorológica en Palma de Mallorca, ya que presenta un clima muy parecido a la isla de Ibiza, las temperaturas de invierno oscilan alrededor de los 10°C (noches extremas bajo 0°C) mientras que en verano la temperatura se sitúa alrededor de los 30°C teniendo una tendencia de subida por el impacto del cambio climático. Se realiza un ajuste mínimo indicando la altitud de la propiedad respecto a la tomada de referencia.

- **Superficies:** Se han determinado las distintas superficies de la envolvente mediante la separación según su orientación y por niveles para poder facilitar posteriormente la vinculación de las ventanas. Las cotas de las mismas son extraídas de los planos. Es necesario relacionar cada elemento al grupo correcto de superficie (muros exteriores, muros en contacto con el terreno, techos, solera o losas).

- **Valores-U:** Con la definición de los elementos constructivos y sus superficies parciales se obtienen las transmitancias térmicas (valores-U), que determinan las pérdidas energéticas por transmisión de un elemento constructivo. Es requerido consultar con el fabricante de cada material cuál es la conductividad térmica (λ) relacionada con el espesor del elemento que se está definiendo. La conductividad térmica relaciona la cantidad de calor que pasa a través de una unidad de superficie plana cuando hay una diferencia de temperatura de 1 Kelvin. De esta manera, se especifica su capacidad de aislamiento térmico, siendo una propiedad del material. La conductividad térmica λ se mide en W/mK. Mediante el cálculo de la resistencia térmica R (m2K/W), que divide el espesor del material entre su conductividad térmica, haciendo su inverso se obtiene la transmitancia térmica.⁸

$$\text{Resistencia térmica} \quad R = e / \lambda \quad (\text{m}^2\text{K/W})$$

$$\text{Transmitancia térmica} \quad U = 1 / R \quad (\text{W/m}^2\text{K})$$

En la tres tipologías se ha definido la solera junto con las paredes que están en contacto con el terreno de la planta sótano de hormigón armado para poder dar una mayor protección al edificio. Las paredes serán protegidas a través de una capa de aislamiento en el lado exterior. La solera también se encuentra protegida mediante aislamiento. Así se definen las capas de cada envolvente térmica. Observando los distintos resultados de transmitancia térmica junto con la variación de grosores de fachada (Figura 40) se comprobará más adelante si tiene impacto en la demanda de calefacción y refrigeración del edificio.

8 Wassouf, M., 2022. Introducción al estándar Passivhaus para climas cálidos, EdificaPRO.

	TERMOARCILLA			MADERA			HORMIGÓN YTONG		
	Superficie	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]	Superficie	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]	Superficie	λ [W/(mK)]	Espesor [mm]
Solera	Parquet	0,130	10	Parquet	0,130	10	Parquet	0,130	10
	XPS	0,034	12	XPS	0,034	12	XPS	0,034	12
	Hormigón	2,100	300	Hormigón	2,100	300	Hormigón	2,100	300
	Total		32,2 cm	Total		32,2 cm	Total		32,2 cm
									1,346 Valor-U
Muro Sotano	Pladur	0,250	15	Pladur	0,250	15	Pladur	0,250	15
	Lana mineral	0,035	45	Lana mineral	0,035	45	Lana mineral	0,035	45
	Hormigón armado	2,100	250	Hormigón armado	2,100	250	Hormigón armado	2,100	250
	XPS	0,036	120	XPS	0,036	120	XPS	0,036	120
	Total		43 cm	Total		43 cm	Total		43 cm
									0,174 Valor-U
Muro Fachada	Aislamiento	0,026	120	Pladur	0,250	12	Aislamiento	0,036	120
	Termoarquilla	0,420	240	Placa OSB	0,130	15	Ytong	0,090	250
	Enlucido yeso	0,570	15	Aisl. Celulosa	0,038	35	Enlucido yeso	0,057	15
				Placa estructural	0,140	18			
				Aisl. Celulosa	0,038	100			
				Placa OSB		15			
			Lana de roca		40				
Total		37,5 cm	Total		23,5 cm	Total		38,5 cm	
									0,159 Valor-U
Cubierta plana	Hormigón pend.	1,150	100	Aisl. Fibra madera	0,041	60	Grava	2,000	50
	Poliestireno ext.	0,035	100	OSB	0,130	18	Mortero	1,800	50
	Capa regularización	1,300	40	Celulosa	0,038	200	Aislamiento XPS	0,036	160
	forjado	1,430	300	Placa estructural	0,140	18	Forjado	1,43	300
	Enlucido yeso	0,570	15				Enlucido yeso	0,57	15
	Total		55,5 cm	Total		29,6 cm	Total		57,5 cm
									0,202 Valor-U

Figura 40: Valores de transmitancia térmica.

Marco de ventana		Ventana 1 hoja	Ventana 1 hoja	Ventana 2 hojas	Ventana 2 hojas
		madera-aluminio con persiana	madera-aluminio sin persiana	madera-aluminio izquierda	madera-aluminio derecha
Valor Uf W/(m²K)	Izquierda	0,98	0,98	0,98	0,98
	Derecha	0,98	0,98	0,95	0,98
	Abajo	1,01	1,01	1,01	1,01
	Arriba	0,98	0,98	0,98	0,98
Ancho del marco m	Izquierda	0,108	0,108	0,108	0,078
	Derecha	0,108	0,108	0,078	0,108
	Abajo	0,108	0,108	0,108	0,108
	Arriba	0,108	0,108	0,108	0,108
Puente térmico en borde de vidrio W/(mK)	YBorde vidrio Izquierda	0,043	0,043	0,043	0,043
	YBorde vidrio Derecha	0,043	0,043	0,043	0,043
	YBorde vidrio Abajo	0,043	0,043	0,043	0,043
	YBorde vidrio Arriba	0,043	0,043	0,043	0,043
Puente térmico de instalación W/(mK)	YInstalación Izquierda	0,04	0,04	0,04	0,04
	YInstalación Derecha	0,04	0,04	0,04	0,04
	YInstalación Abajo	0,08	0,08	0,08	0,08
	YInstalación Arriba	0,12	0,04	0,04	0,04

Figura 41: Valores para el marco de ventana según tipología.

Tipo de vidrio	Valor g	Valor-Ug W/(m²K)
Vidrio doble bajo emisivo	0,62	1,14
Vidrio doble bajo emisivo con control solar	0,40	1,14
Vidrio triple	0,62	0,84

Figura 42: Valores de transmitancia según la tipología de vidrio.

– Terreno:

Al no disponer de un estudio geotécnico de la zona, se han tomado valores estándar predeterminados por el Passivhaus Institut. De esta manera, se establece una conductividad térmica de 2,0 W/(mK) y una capacidad térmica de 2,0 MJ/(m³K). A su vez se indican las dimensiones de la solera en contacto con el terreno.

– Carpinterías:

En el proceso de determinar la envolvente térmica se requiere introducir las superficies de las ventanas en cada una de las fachadas. Para ello fue necesario establecer una clara nomenclatura, ascender de manera ordenada entre plantas como también en un orden cronológico. Las superficies se acotan según el hueco en fachada. Las características físicas de las ventanas se subdividen en sus elementos base, por ello, se debe separar los datos en la transmitancia del marco, la transmitancia del vidrio, la transmitancia de la ventana y la transmitancia de instalación.

La transmitancia de la carpintería (Uf) puede tener variación entre la pieza vertical y la horizontal como en la anchura del mismo, por ello, se recomienda siempre consultar los valores con el proveedor. Las carpinterías suelen tener un 25-40% de todas las pérdidas de la ventana, teniendo mayor impacto cuanto más pequeña sea la ventana.

La transmitancia del cristal (Ug) depende del tipo de gas que contiene en las cámaras, la cantidad de cámaras como también del tipo de puente térmico que tiene el espaciador. Un valor importante para la clasificación de los cristales es el valor g, conocido como factor solar del cristal. Se trata de un cociente entre la cantidad de radiación con incidencia normal que entra al interior del edificio y la cantidad de radiación que entraría si no hubiese ventana. Se puede tener una clasificación orientativa según el tipo de vidrio elegido:

- g convencional: 0,4 - 0,6
- g bajo emisivo: 0,5 - 0,7
- g control solar: 0,3
- g vidrios Passivhaus: 0,5

La introducción de los datos en la hoja de cálculo requiere mayor tiempo porque cada ventana debe ser introducida según el número de hojas que tiene. Cada hoja de ventana se anota por separado, puesto que la situación de instalación por cada hoja en una ventana de dos hojas es distinta. La incidencia de sombra sobre cada ventana, creando condiciones distintas, hace prácticamente inviable agrupar ventanas. En el proceso, inicialmente, se seleccionaron ventanas con vidrio doble pero no se cumplían con los criterios. De esta manera se ha ido adaptando la calidad del vidrio, siendo finalmente un vidrio bajo emisivo que incluso tiene protección solar.

– Sombra:

Como puede haber obstáculos y/o vegetación cercana a las ventanas, es importante considerar la sombra que estos puedan proyectar sobre las ventanas. De esta manera, se define el llamado factor de sombra. Se introducen las tres situaciones de sombra posibles, que pueden ser causadas por obstáculos en el horizonte, por el retranqueo de la propia ventana o por voladizos.

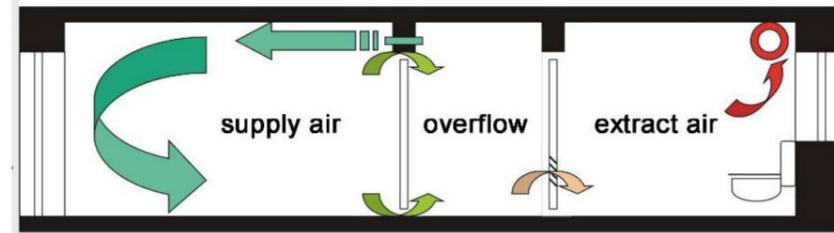


Figura 43: Zonas de impulsión y extracción de aire.

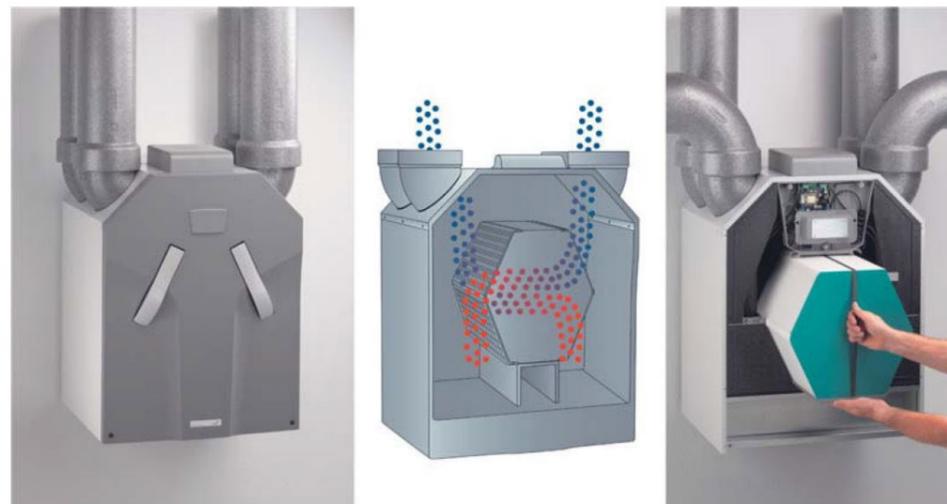


Figura 44: Funcionamiento de la ventilación mecánica con recuperador de calor.

		MADERA		TERMOARCILLA		HORMIGÓN CELULAR			
Superficie de referencia energética m ² 378,6		¿Cumplido?		¿Cumplido?		¿Cumplido?		Criterio	
Calefacción	Demanda de calefacción kWh/(m ² a)	5	Sí	5	Sí	4	Sí	≤	15
	Carga de calefacción W/m ²	9	Sí	8	Sí	7	Sí	≤	10
Refrigeración	Demanda refrigera. & deshum. kWh/(m ² a)	16	Sí	16	Sí	16	Sí	≤	19
	Carga de refrigeración W/m ²	6,6	Sí	7,2	Sí	6,7	Sí	≤	10,1
	Frecuencia de sobrecalentamiento (> 25 °C) %	-	-	-	-	-	-	≤	-
	Frecuencia excesivamente alta humedad (> 12 g/kg) %	0	Sí	0	Sí	0	Sí	≤	10
Hermeticidad	Resultado ensayo presión n50 1/h	0,6	Sí	0,6	Sí	0,6	Sí	≤	0,6
Energía Primaria No Renovable	Demanda EP kWh/(m ² a)	48	-	50	-	48	-	≤	-
Energía Primaria Renovable	Demanda PER kWh/(m ² a)	26	Sí	26	Sí	26	Sí	≤	60
	Generación de Energía Renovable le la huella del edificio proyectado kWh/(m ² a)	0	Sí	0	Sí	0	Sí	≥	-

Figura 45: Comparativa de los resultados.

La casa de estudio está rodeada por árboles de altura variable que influyen en la proyección de sombra sobre la casa. La fachada con orientación este es la que recibe un impacto mayor por la cercanía de la vegetación.

– Ventilación:

Para la certificación de una casa pasiva es imprescindible prever e introducir en la casa un sistema de ventilación dimensionado acorde a las necesidades de la vivienda. Las metodologías de ventilación pueden ser a través de abertura de ventanas, siendo aquí la persona que vive en la casa la responsable de establecer periodos de ventilación. También se puede dimensionar una unidad de extracción de aire o una ventilación equilibrada con recuperación de calor.

En la casa de estudio se selecciona una unidad con recuperador de calor dado que este tipo de máquinas bajan la pérdida de calor que se produce durante la ventilación. Los valores típicos para el aire de impulsión son 30 m³/(P*h) en edificios residenciales, teniendo en cuenta que las zonas de cocina, baños y aseos son los principales para la extracción del aire. Durante el cálculo se tendrá que determinar las horas en funcionamiento de la máquina como el modo de operación (ventilación base, estándar o máximo). La tasa de renovación de aire media debe ser de 0,3 1/h o superior.

La red de ventilación tiene importancia dentro de la certificación pasiva, evitando corrientes molestas como se consigue un nivel correcto de confort para los residentes.

– Calefacción y refrigeración:

El clima balear se caracteriza por altos niveles de humedad junto a altas temperaturas en verano y no tan frías en invierno. Uno de los principales problemas de la instalación de climatización es poder contrarrestar la humedad en los espacios interiores. Por esta razón, la abertura de ventanas no es viable porque aumentaría la humedad en vez de bajar. Las tres tipologías sin un aparato de deshumificación sobrepasan los límites establecidos, siendo este uno de los puntos clave para el clima mediterráneo.

Comparando los resultados de las tres tipologías elegidas se puede observar que los resultados de climatización son muy parecidos. Esto se debe a que las instalaciones como los componentes son los mismos en los tres casos. Con distintos grosores de aislamientos térmicos junto a distintas tipologías constructivas se puede obtener el mismo resultado. Para recordar la selección establecida, la fachada de entramado de madera de 23,5 cm de espesor total contiene 135 mm de aislamiento de celulosa junto con 40 mm de lana de roca; la fachada convencional de termoarcilla usando un bloque de 140mm tiene un espesor total de 36,2 cm cuando contiene 120 mm de aislamiento de poliestireno extruido (XPS) junto a 60 mm de lana mineral. La tercera tipología de hormigón celular tiene el mayor espesor de las tres fachadas con unos 38,5 cm, componiéndose con un bloque Ytong de 250 mm y aislamiento de lana de roca de 120 mm de espesor.

Al obtener demandas energéticas parecidas pero grosores de fachadas distintas, surge la cuestión si analizando el coste económico de las fachadas se pueda establecer unos criterios decisivos a la hora de hacer una inversión en una casa pasiva.

8. Evaluación de costes

Se analiza de manera orientativa la viabilidad económica de cada fachada. Para ello se compara la transmitancia térmica mediante distintos espesores de aislamiento de cada tipología junto a la respectiva demanda de calefacción, como refrigeración y los rendimientos de los aparatos dado por el fabricante. Para simplificar el cálculo, se calcula de manera directa la transmitancia térmica para cada grosor de aislamiento con la siguiente fórmula:

$$U = 1 / RT$$

$$RT = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

En los tiempos actuales, ante el cambio climático, el impacto de la emergencia sanitaria por Covid-19 como los conflictos de guerra, es difícil poder prever cómo evolucionará la inflación en cada país. Para el cálculo no se tomará la inflación actual, ya que se entiende como una situación extrema y no a largo plazo. La inflación anual utilizada será del 2,5 %.

La tasa de interés nominal hace referencia al porcentaje adicional que recibe un banco por prestar una cantidad de dinero, que se ubica en un 3,5% para el balance económico. De esta manera se obtiene un interés real del 1%.

$$\text{Interés real} = ((1 + \text{interés nominal}) / (1 + \text{inflación})) - 1$$

Para poder averiguar el coste durante 30 años de las tipologías de estudio fue necesario calcular el factor de valor actual recurrente, que incluirá el interés y la inflación para el periodo de cálculo.

$$\text{Valor actual (30 años)} = ((1 + \text{interés real})^{30} - 1) / (\text{interés real} * (1 + \text{interés real})^{30})$$

El coste del ciclo de vida es un valor útil en el sector de la edificación. Se trata de un método de evaluación comparativa que obtiene resultados cuantitativos. A nivel nacional se emplea este método para la valoración de los proyectos según sus factores económicos y medioambientales, como también para tener en cuenta la vida útil de un edificio. La Directiva 2010/31/UE manifestó la necesidad de comparar edificios y elementos constructivos para adquirir una adecuada utilidad de éstos bajo criterios de eficiencia energética.

El coste del ciclo de vida se establece a partir del coste de consumo anual multiplicado por el valor actual del periodo de cálculo sumado junto al coste inicial que se tiene que cubrir. En este sentido, es necesario averiguar el precio de producción, de transporte y de la mano de obra, que influyen en el precio de cada tipología de fachada. Los precios siempre varían en función de la compañía, calidad, ubicación y demanda, entre otros; por lo tanto, es difícil establecer un precio concreto por metro cuadrado de superficie.

EPS	mm	80	100	120	140	160	180	200	220	240
	€/m2	12,42	13,78	15,14	16,48	17,83	19,18	20,52	28,92	30,28
Aislamiento térmico en cámaras de aire de cerramiento, por insuflación, de celulosa.		€/m2	13,78 €							

Figura 46: Precio orientativo por metro cuadrado según el generador de precios (España) de Cype.

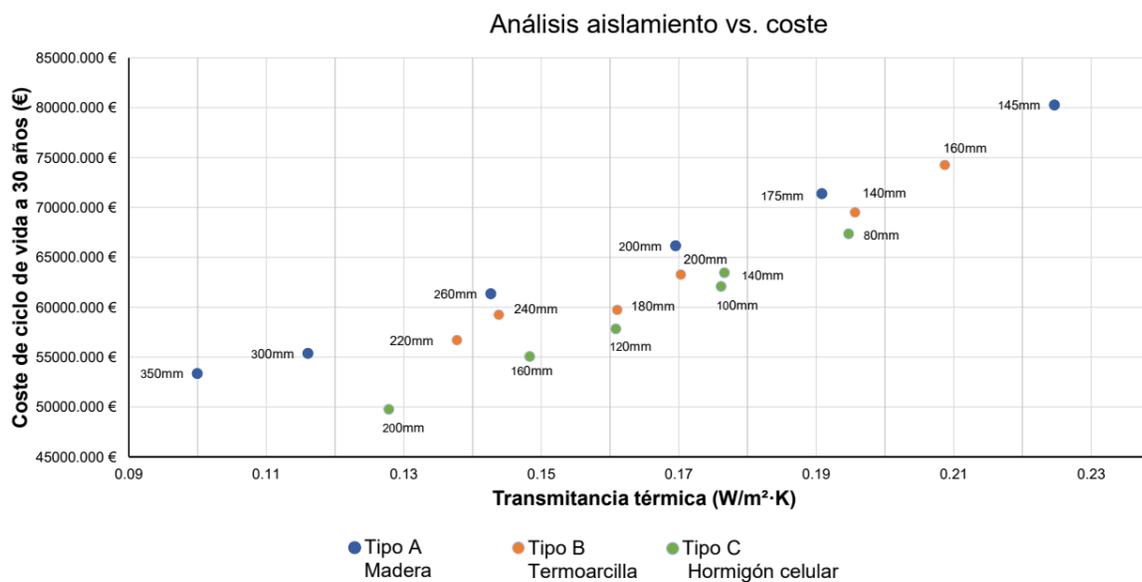


Figura 47: Gráfico comparativo entre los costes y la transmitancia térmica.

Para la investigación se ha concretado un coste por metro cuadrado según cada tipología de fachada y su aislamiento (Figura 43). La fachada de entramado de madera toma como aislamiento celulosa inyectada. Al disponer de un solo precio-espesor de aislamiento, se ha hecho una interpolación para los demás espesores. Para las fachadas de termoarcilla y hormigón celular se ha decidido tomar como referente el aislamiento de poliestireno expandido (EPS) con su precio por cada espesor.

Así se podrá establecer una comparación entre las distintas edificaciones visualizando que los mayores costes de inversión inicial proporcionan un coste más reducido a largo plazo (Figura 44), pudiendo ser uno de los puntos clave en la fase de diseño de un proyecto.

Tipo de fachada	Grosor aislamiento (mm)	Valor-U (W/m²·K)	Gh C - Ibiza (kKh/a)	Gh R - Ibiza (kKh/a)	Demanda calefacción (kWh/m²a)	Rendimiento	Demanda refrigeración (kWh/m²a)	Rendimiento	Consumo total (kWh/a)	Precio electricidad (€/kWh)	Consumo total (€/a)	Tasa de interes nominal	Inflación anual	Interés real	Superficie fachada (m²)	Coste inicial (€)	Coste de ciclo de vida a 30 años (€)	Valor actual (30) (a)	
Tipo A Madera	A1	145	0,225	34,00	39,00	3426,53	250,0%	3930,44	350,0%	15127,14	0,18	2753,14	3,50%	2,5%	0,98%	448,64	8.964,18 €	80.270,21 €	25,90
	A2	175	0,191	34,00	39,00	2910,39	250,0%	3338,39	350,0%	12848,51	0,18	2338,43	3,50%	2,5%	0,98%	448,64	10.818,83 €	71.383,91 €	25,90
	A3	200	0,170	34,00	39,00	2585,80	250,0%	2966,07	350,0%	11415,56	0,18	2077,63	3,50%	2,5%	0,98%	448,64	12.364,38 €	66.174,82 €	25,90
	A4	260	0,143	34,00	39,00	2175,95	250,0%	2495,94	350,0%	9606,17	0,18	1748,32	3,50%	2,5%	0,98%	448,64	16.073,69 €	61.355,09 €	25,90
	A5	300	0,116	34,00	39,00	1769,91	250,0%	2030,19	350,0%	7813,64	0,18	1422,08	3,50%	2,5%	0,98%	448,64	18.546,57 €	55.378,37 €	25,90
	A6	350	0,100	34,00	39,00	1524,27	250,0%	1748,42	350,0%	6729,19	0,18	1224,71	3,50%	2,5%	0,98%	448,64	21.637,67 €	53.357,60 €	25,90
Tipo B Termoarcilla	B1	140	0,196	34,00	39,00	2984,12	250,0%	3422,97	350,0%	13174,03	0,18	2397,67	3,50%	2,5%	0,98%	448,64	7.393,50 €	69.493,03 €	25,90
	B2	160	0,209	34,00	39,00	3183,48	250,0%	3651,63	350,0%	14054,11	0,18	2557,85	3,50%	2,5%	0,98%	448,64	7.999,16 €	74.247,17 €	25,90
	B3	180	0,161	34,00	39,00	2456,56	250,0%	2817,82	350,0%	10845,00	0,18	1973,79	3,50%	2,5%	0,98%	448,64	8.609,31 €	59.730,27 €	25,90
	B4	200	0,170	34,00	39,00	2597,43	250,0%	2979,41	350,0%	11466,89	0,18	2086,97	3,50%	2,5%	0,98%	448,64	9.205,99 €	63.258,41 €	25,90
	B5	220	0,138	34,00	39,00	2100,48	250,0%	2409,37	350,0%	9273,00	0,18	1687,69	3,50%	2,5%	0,98%	448,64	12.974,52 €	56.685,43 €	25,90
	B6	240	0,144	34,00	39,00	2193,61	250,0%	2516,20	350,0%	9684,14	0,18	1762,51	3,50%	2,5%	0,98%	448,64	13.584,67 €	59.233,58 €	25,90
Tipo C Hormigón celular	C1	80	0,195	34,00	39,00	2969,79	250,0%	3406,52	350,0%	13110,74	0,18	2386,15	3,50%	2,5%	0,98%	448,64	5.572,05 €	67.373,22 €	25,90
	C2	100	0,176	34,00	39,00	2687,01	250,0%	3082,15	350,0%	11862,34	0,18	2158,95	3,50%	2,5%	0,98%	448,64	6.182,19 €	62.098,70 €	25,90
	C3	120	0,161	34,00	39,00	2453,40	250,0%	2814,19	350,0%	10831,02	0,18	1971,25	3,50%	2,5%	0,98%	448,64	6.792,33 €	57.847,41 €	25,90
	C4	140	0,177	34,00	39,00	2694,13	250,0%	3090,33	350,0%	11893,80	0,18	2164,67	3,50%	2,5%	0,98%	448,64	7.393,50 €	63.458,30 €	25,90
	C5	160	0,148	34,00	39,00	2262,18	250,0%	2594,86	350,0%	9986,87	0,18	1817,61	3,50%	2,5%	0,98%	448,64	7.999,16 €	55.075,11 €	25,90
	C6	200	0,128	34,00	39,00	1949,60	250,0%	2236,31	350,0%	8606,93	0,18	1566,46	3,50%	2,5%	0,98%	448,64	9.205,99 €	49.777,17 €	25,90

Figura 48: Tabla valores estimados del coste sobre 30 años según espesor de aislamiento.

9. Conclusión

Se puede considerar que esta investigación fue el primer paso hacia el ámbito de la eficiencia energética y las distintas estrategias que se tienen que tener en cuenta a la hora de diseñar un edificio según el estándar Passivhaus. El conocimiento adquirido durante la carrera universitaria, sobre todo en el campo de la construcción como las instalaciones, fue ampliado con las medidas necesarias para poder certificar una casa unifamiliar a través del estándar y cómo estas medidas se relacionan entre ellas. Se puede decir que el Passivhaus aunque fuera elaborado para climas más fríos, principalmente centro-europeo, sí funciona en climas cálidos costeros.

La demanda de energía que exige una casa unifamiliar pasiva es fácil de cubrir, especialmente a través de energías renovables, ya sea por la conciencia del cambio climático. Las energías renovables ayudarán a reducir el importe de la factura de electricidad como a su vez aportar a una mejor amortización. Una correcta planificación del edificio a través de altos niveles de hermeticidad tendrá un impacto directo en los gastos de calefacción y refrigeración.

El clima balear, como también la costa española del Mar Mediterráneo, se caracterizan por temperaturas elevadas junto a altos niveles de humedad. Por ello, es recomendable enfocar el estudio para una casa pasiva en resolver la refrigeración requerida en los meses de verano y cómo poder protegernos de la radiación solar.

En consecuencia, y como primer paso, es imprescindible incorporar medidas pasivas:

- La orientación del edificio juega un importante papel, es preferible buscar en un clima cálido la dirección del viento predominante, puesto que ayuda a disipar el calor durante las horas nocturnas, que puede haberse acumulado durante el día.
- La compacidad puede tener un impacto en las pérdidas energéticas. Es preferible buscar una alta compacidad.
- La colocación de protecciones solares en la fachada sur y oeste de un edificio es esencial. Son las orientaciones más perjudiciales en verano, reciben la mayor radiación solar. De todos modos, sería mejor disponer de protección solar en todas las orientaciones.

Si tras aplicar estas medidas pasivas, un edificio continúa teniendo problemas de sobrecalentamiento en el interior durante los meses de verano, será necesario aplicar medidas activas. Evidentemente, en un clima cálido lo más relevante no es calefactar, ya que esto se puede conseguir con un correcto aislamiento térmico; la cuestión es cómo compensar los excedentes de calor mediante medidas de refrigeración activas.

Es recomendable emplear sistemas de refrigeración por aire para reducir la humedad relativa en el interior de la vivienda. Para ello se debe seleccionar el aparato correcto con el caudal adecuado y suficiente para cada proyecto. El Passivhaus Institut dispone de un amplio catálogo de todo tipo de aparatos y componentes certificados para facilitar la aplicación en el proceso de certificación.

A la hora de darle una tipología constructiva a un proyecto, los principales factores que influyen en ello son la ubicación, el programa del proyecto como las necesidades principales. En el caso de una vivienda unifamiliar, sin contacto con otro tipo de edificación residencial, puede haber opciones más amplias para elegir la tipología. Por ello, poder tomar una decisión a partir de argumentos económicos puede ser decisivo.

La inversión que supone la construcción de un edificio convencional y su amortización es de alrededor de 20-25 años posteriores. Pasado este tiempo, los gastos se pueden disparar teniendo un impacto directo de las rehabilitaciones como de las reparaciones energéticas necesarias. Esto provoca un claro impacto en la vida de los edificios, que se considera mínimo 50 años. Para edificios certificados bajo el estándar Passivhaus, siendo planeados para el ahorro energético, la amortización de los sobrecostes puede ser amortizada después de unos 15 años. Se muestra una clara diferencia en la vida útil de un edificio, construir con conciencia para ahorrar energéticamente tiene muchas ventajas. Es preferible tener un mayor gasto en la obra de la casa, invirtiendo en la fachada y maquinaria correcta para poder ahorrar a largo plazo que a la inversa, no aprovechar la inversión y seguir pagando gastos medio-altos en la factura de electricidad.

10. Procedencia de las imágenes

Figura 01: Elaboración propia con diseño extraído de Wassouf, Micheel, De la casa pasiva al estándar Passivhaus, la arquitectura pasiva en climas cálidos, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2014.

Figura 02: CTE, Guía de aplicación del DB-HE 2019 (en línea): <https://www.codigotecnico.org/Guias/GuiaHE2019.html>

Figura 03: Elaboración propia con diseño extraído de Soler Palau, Estándar Passivhaus: casas pasivas de bajo consumo energético (en línea): <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/estandar-passivhaus/>

Figura 04: Elaboración propia con diseño extraído de Wassouf, Micheel, Passivhaus (en línea): <https://www.energiehaus.es/passivhaus/definicion/>

Figura 05: Documentación de proyecto extraída de Passipedia, The Passive House Resource (en línea): https://passipedia.org/_media/picopen/phpp_v9.6b_passive_house_end_of_terrace.pdf

Figura 06: Documentación de proyecto extraída de Passipedia, The Passive House Resource (en línea): https://passipedia.org/_media/picopen/phpp_v9.6b_passive_house_end_of_terrace.pdf

Figura 07: Documentación de proyecto extraída de Passipedia, The Passive House Resource (en línea): https://passipedia.org/_media/picopen/phpp_v9.6b_passive_house_end_of_terrace.pdf

Figura 08: Documentación de proyecto extraída de Passipedia, The Passive House Resource (en línea): https://passipedia.org/_media/picopen/phpp_v9.6b_passive_house_end_of_terrace.pdf

Figura 09: Documentación de proyecto extraída de Passipedia, The Passive House Resource (en línea): https://passipedia.org/_media/picopen/phpp_v9.6b_passive_house_end_of_terrace.pdf

Figura 10: Documentación de proyecto extraída de Passipedia, The Passive House Resource (en línea): https://passipedia.org/_media/picopen/phpp_v9.6b_passive_house_end_of_terrace.pdf

Figura 11: Documentación de proyecto extraída de Passipedia, The Passive House Resource (en línea): https://passipedia.org/_media/picopen/phpp_v9.6b_passive_house_end_of_terrace.pdf

Figura 12: Documentación de proyecto extraída de Passipedia, The Passive House Resource (en línea): https://passipedia.org/_media/picopen/phpp_v9.6b_passive_house_end_of_terrace.pdf

Figura 13: Documentación de proyecto extraída de Passipedia, The Passive House Resource (en línea): https://passipedia.org/_media/picopen/phpp_v9.6b_passive_house_end_of_terrace.pdf

Figura 14: Documentación de proyecto extraída de Passipedia, The Passive House Resource (en línea): https://passipedia.org/_media/picopen/phpp_v9.6b_passive_house_end_of_terrace.pdf

Figura 15: Documentación de proyecto extraída de Passipedia, The Passive House Resource (en línea): https://passipedia.org/_media/picopen/phpp_v9.6b_passive_house_end_of_terrace.pdf

Figura 16: Documentación de proyecto extraída de Passipedia, The Passive House Resource (en línea): https://passipedia.org/_media/picopen/phpp_v9.6b_passive_house_end_of_terrace.pdf

Figura 17: Documentación de proyecto extraída de Passipedia, The Passive House Resource (en línea): https://passipedia.org/_media/picopen/phpp_v9.6b_passive_house_end_of_terrace.pdf

Figura 18: Documentación de proyecto extraída de Passipedia, The Passive House Resource (en línea): https://passipedia.org/_media/picopen/phpp_v9.6b_passive_house_end_of_terrace.pdf

Figura 19: Documentación de proyecto extraída de Passipedia, The Passive House Resource (en línea): https://passipedia.org/_media/picopen/phpp_v9.6b_passive_house_end_of_terrace.pdf

Figura 20: Elaboración propia

Figura 21: Elaboración propia con diseño extraído Mestre, Bartolo, Torres, Elías, Guía de arquitectura de Ibiza y Formentera : islas Pitiusas (en línea) <https://raco.cat/index.php/CuadernosArquitecturaUrbanismo/issue/view/13550>

Figura 22: Elaboración propia con diseño extraído de Oliver Marí, Laura, Análisis de la arquitectura ibicenca, casa payesa (en línea): https://issuu.com/lauraolivermari/docs/tfg_imprimir_final_encuadernar

Figura 23: Elaboración propia

Figura 24: Elaboración propia

Figura 25: Elaboración propia

Figura 26: Elaboración propia

Figura 27: Elaboración propia

Figura 28: Elaboración propia

Figura 29: Elaboración propia

Figura 30: Elaboración propia

Figura 31: Elaboración propia

Figura 32: Elaboración propia

Figura 33: Elaboración propia

Figura 34: Elaboración propia

Figura 35: Elaboración propia

Figura 36: Elaboración propia

Figura 37: Elaboración propia mediante introducción de datos en PHPP

Figura 38: Elaboración propia mediante introducción de datos en PHPP

Figura 39: Elaboración propia

Figura 40: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en PHPP

Figura 41: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en PHPP

Figura 42: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en PHPP

Figura 43: Passive House Institut, Bastian, Z., Guía para la certificación de edificios (en línea): https://www.energiehaus.es/wp-content/uploads/2021/02/Gu%C3%ADa_de_certificaci%C3%B3n_de_edificios_PHI_ES.pdf

Figura 44: <https://www.fenercom.com/publicacion/guia-del-estandar-passivhaus-edificios-de-consumo-energetico-casi-nulo-2011/>

Figura 45: Elaboración propia

Figura 46: Elaboración propia a partir de datos obtenidos en el generador de precios de Cype Ingenieros. (en línea): <http://www.generadordeprecios.info/#gsc.tab=0>

Figura 47: Elaboración propia

Figura 48: Elaboración propia

11. Fuentes bibliográficas

BLAKSTAD, R., 2013. La casa eivissenca : claus d'una tradició mil·lenària [en línea]. S.I.: J.J. de Olañeta,. [Consulta: 20 junio 2022]. ISBN 9788497168526. Disponible en: https://discovery.upc.edu/iii/encore/record/C__Rb1439974__SCASA_EIVISSENCA__Orighresult__U__X6?lang=cat.

BUNDESVERBAND PORENBETONINDUSTRIE E.V., FLASSENBERG, G., LIEBACK, P., HOMANN, M., 2018. Porenbeton Handbuch. Planen und bauen mit System. 7. Edition. Berlin: Bundesverband Porenbetonindustrie e.V.. [en línea]. [Consulta: 28 julio 2022]. Disponible en: <https://www.bv-porenbeton.de/index.php/services/downloads-publikationen>

COLINO ALONSO, C., 2019. Estudio y comparativa de viviendas unifamiliares bajo el estándar Passivhaus. [en línea]. Trabajo fin de grado. Valladolid: Universidad de Valladolid. [Consulta: 12 marzo 2022]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/39036>

CTE, Guía de aplicación del DB-HE 2019. [en línea]. [Consulta: 29 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/Guias/GuiaHE2019.html>.

CYPE INGENIEROS S.A., 2022. Generador de precios de la construcción. España. CYPE Ingenieros, S.A. [en línea]. [Consulta: 29 agosto 2022]. Disponible en: <http://www.generadordeprecios.info/#gsc.tab=0>.

ECHARRI-IRIBARREN, V., SOTOS-SOLANO, C., ESPINOSA-FERNÁNDEZ, A. y PRADO-GOVEA, R., 2019a. The Passivhaus standard in the Spanish Mediterranean: Evaluation of a house's thermal behaviour of enclosures and airtightness. Sustainability (Switzerland), vol. 11, no. 13. ISSN 20711050. DOI 10.3390/su11133732.

ECHARRI-IRIBARREN, V., SOTOS-SOLANO, C., ESPINOSA-FERNÁNDEZ, A. y PRADO-GOVEA, R., 2019b. The Passivhaus standard in the Spanish Mediterranean: Evaluation of a house's thermal behaviour of enclosures and airtightness. Sustainability (Switzerland), vol. 11, no. 13. ISSN 20711050. DOI 10.3390/su11133732.

ENERGIEHAUS, 2020. Documentación proyecto Passivhaus Casa Gema. [en línea]. [Consulta: 09 marzo 2022]. Disponible en: https://www.energiehaus.es/wp-content/uploads/2020/10/ABSTRAC_PARA_NEWSLETTER_Apendix_III_Project-Documentation-Casa-Arbo%C3%A7-GEMA-Wassouf.pdf

ENERGIEHAUS, 2022. Historia de la arquitectura pasiva. [en línea]. [Consulta: 10 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.energiehaus.es/passivhaus/historia-la-arquitectura-pasiva/>.

EUR-LEX, 2010. Directiva (UE) 2010/31 del Parlamento Europeo y del Consejo, Documento 32010L0031. [en línea], [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/ALL/?uri=celex:32010L0031>

EUR-LEX, 2016. Recomendación (UE) 2016/1318 del Parlamento Europeo y del Consejo, Documento 32016H1318. [en línea], [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32016H1318>.

EUR-LEX, 2018. Directiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo y del Consejo, Documento 32018L0844. [en línea], [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32018L0844>

FERNANDEZ-ANTOLIN, M.M., DEL RÍO, J.M., COSTANZO, V., NOCERA, F. y GONZALEZ-LEZCANO, R.A., 2019b. Passive design strategies for residential buildings in different Spanish climate zones. Sustainability (Switzerland), vol. 11, no. 18. ISSN 20711050. DOI 10.3390/su11184816.

FERRERAS SANCHO, S., 2013. Construcción Passivhaus Mediterráneo. [en línea]. [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en: https://issuu.com/saraferreras/docs/sfs_tesis_passivhaus_trabajo_de_inv.

FIGUEIREDO, A., REBELO, F., CASTANHO, R.A., OLIVEIRA, R., LOUSADA, S., VICENTE, R. y FERREIRA, V.M., 2020. Implementation and challenges of the passive house concept in Portugal: Lessons learnt from successful experience. Sustainability (Switzerland), vol. 12, no. 21, pp. 1-20. ISSN 20711050. DOI 10.3390/su12218761.

FIGUEROA-LOPEZ, A., ARIAS, A., OREGI, X. y RODRÍGUEZ, I., 2021. Evaluation of passive strategies, natural ventilation and shading systems, to reduce overheating risk in a passive house tower in the north of Spain during the warm season. Journal of Building Engineering, vol. 43. ISSN 23527102. DOI 10.1016/j.job.2021.102607.

GALIANO-GARRIGÓS, A., DOMENECH-MATAIX, M., BENIGNO GONZÁLEZ-AVILÉS, Á. y RIZO-MAESTRE, C., 2021. Evaluation of Energy Performance and Comfort: Case-Study of University Buildings with Design Adapted to Local Climate. [en línea], DOI 10.3390/su. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su13137155>.

GONZALO, R. y VALLENTIN, R., 2014. Passive House Design. Planning and design of energy-efficient buildings. Munich: Detail Green Books. ISBN 9783955532208.

INFOMADERA. Casas de madera. Casa de entramado ligero. [en línea]. [Consulta: 07 junio 2022]. Disponible en: https://infomadera.net/uploads/descargas/archivo_20_Libro%20Casas%20de%20madera%20Casas%20de%20entramado%20ligero.pdf

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA y INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN DE CASTILLA Y LEÓN, 2022. Cte web. [en línea]. [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en: <http://cte-web.iccl.es/>.

INTERNATIONAL PASSIVE HOUSE ASSOCIATION, 2022. International Passive House Association. [en línea]. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://passivehouse-international.org/>.

INTERNATIONAL PASSIVE HOUSE ASSOCIATION (IPHA), 2018. Active for more comfort: Passive House. [en línea]. [Consulta: 18 abril 2022]. Disponible en: https://passivehouse-international.org/upload/Passive_House_Active_for_more_comfort_brochure.pdf

KLH MASSIVHOLZ GMBH, 2019. KLh - Component catalogue for building a passive house. Component Catalogue for Building a Passive House. [en línea]. [Consulta: 26 junio 2022]. Disponible en: <https://www.klh.at/wp-content/uploads/2019/09/klh-component-catalogue-for-building-a-passive-house.pdf>

MERCÈ MARTÍ, J., 2021. Adaptabilidad climatológica del estándar Passivhaus. [en línea]. Trabajo fin de grado. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña. [Consulta: 11 abril 2022]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/350076>

MESTRE, B. y TORRES TUR, E., 1980. Guía de arquitectura de Ibiza y Formentera | Cuadernos de arquitectura y urbanismo. Núm.: 142-143. [en línea]. [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en: <https://raco.cat/index.php/CuadernosArquitecturaUrbanismo/issue/view/13550>.

MINISTERIO DE TRANSPORTES, M. y A.U. y INSTITUTO DE CIENCIAS DE LAS CONSTRUCCIONES EDUARDO TORROJA, 2022. CTE - Ahorro de energía. [en línea]. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/AhorroEnergia.html>.

MINISTERIO DE TRANSPORTES, M. y A.U. y INSTITUTO DE CIENCIAS DE LAS CONSTRUCCIONES EDUARDO TORROJA, 2022b. CTE- Código Técnico de la Edificación de España. [en línea]. [Consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/>.
OLIVER MARÍ, L., 2018. ANÁLISIS DE LA ARQUITECTURA IBICENCA. Casa Payesa. [en línea]. [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en: https://issuu.com/lauraolivermari/docs/tfg_imprimir_final_encuadernar.

ÖSTERREICHISCHES INSTITUT FÜR BAUBIOLOGIE UND -ÖKOLOGIE, BIRKHÄUSER, POKORNY, W., ZELGER, T. y TORGHELE, K., 2018. Passivhaus-Bauteilkatalog: Neubau : ökologisch bewertete Konstruktionen = Details for passive houses: new buildings : a catalogue of ecologically rated constructions / IBO - Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie (Hg). 4. edición. Basel: Birkhäuser. ISBN 9783035616866

PASSIVHAUS DIENSTLEISTUNG GMBH, PASSIVHAUS INSTITUT, INTERNATIONAL PASSIVE HOUSE ASSOCIATION y IG PASSIVHAUS DEUTSCHLAND, 2022. Passivhaus-Datenbank. Gebaute Passivhaus Projekte. [en línea]. [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en: <https://passivehouse-database.org/index.php>.

PASSIVHAUS INSTITUT, 2022. Passivhaus Institut. [en línea]. [Consulta: 22 agosto 2022]. Disponible en: <https://passiv.de/>.

PASSIVHAUS INSTITUTE, 2020. Guía para la certificación de edificios. [en línea]. [Consulta: 03 junio 2022]. Disponible en: www.passivehouse.com.

ROVIRA RAURELL, E., 2018. Casa de termoarcilla rectificada (qué es?, cuánto cuesta €/m²?). En: Era.archi [en línea]. [Consulta: 25 agosto 2022]. Disponible en: <https://era.archi/casa-de-termoarcilla-rectificada-que-es-cuanto-cuesta-em2/>

ROVIRA RAURELL, E., 2018. Casa de YTONG (qué es?, precio €/m²). En: Era.archi [en línea]. [Consulta: 25 agosto 2022]. Disponible en: <https://era.archi/casa-de-ytong-que-es-precio-em2/>

ROVIRA RAURELL, E., 2018. Fachada de madera-cemento (qué es? y qué precio €/m²?) En: Era.archi [en línea]. [Consulta: 25 agosto 2022]. Disponible en: <https://era.archi/fachada-de-madera-cemento-que-es-y-que-precio-em2/>

SOLER PALAU, 2019. Estándar Passivhaus: casas pasivas de bajo consumo energético | S&P. [en línea]. [Consulta: 29 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/estandar-passivhaus/>.

VIDAL, I.R., OTAEGI, J. y OREGI, X., 2020. Thermal comfort in nzeb collective housing in Northern Spain. Sustainability (Switzerland), vol. 12, no. 22, pp. 1-30. ISSN 20711050. DOI 10.3390/su12229630.

WASSOUF, M., 2014. De la cada pasiva al estándar Passivhaus. La arquitectura pasiva en climas cálidos. Barcelona: Editorial Gustavo Gili. ISBN 9788425224522

WASSOUF, M., 2022. Introducción al estándar Passivhaus para climas cálidos. EdificaPRO [en línea]. [Consulta: 12 junio 2022]. Disponible en: <https://www.edificapro.com/library/passivhaus?locale=es>.

XELLA GROUP, 2002. Konstruktionsbeispiele - Ytong Xella. [en línea]. [Consulta: 29 agosto 2022]. Disponible en: <https://baubuch.ytong-silka.de/konstruktionsbeispiele/>.

YTONG, 2022. Aislamiento térmico. [en línea]. [Consulta: 29 mayo 2022]. Disponible en: https://www.ytong.es/aislamiento_termico.php.

YTONG, 2022. Guía Técnica Ytong 2021. [en línea]. [Consulta: 02 agosto 2022]. Disponible en: https://www.ytong.es/catalogos_y_folletos.php

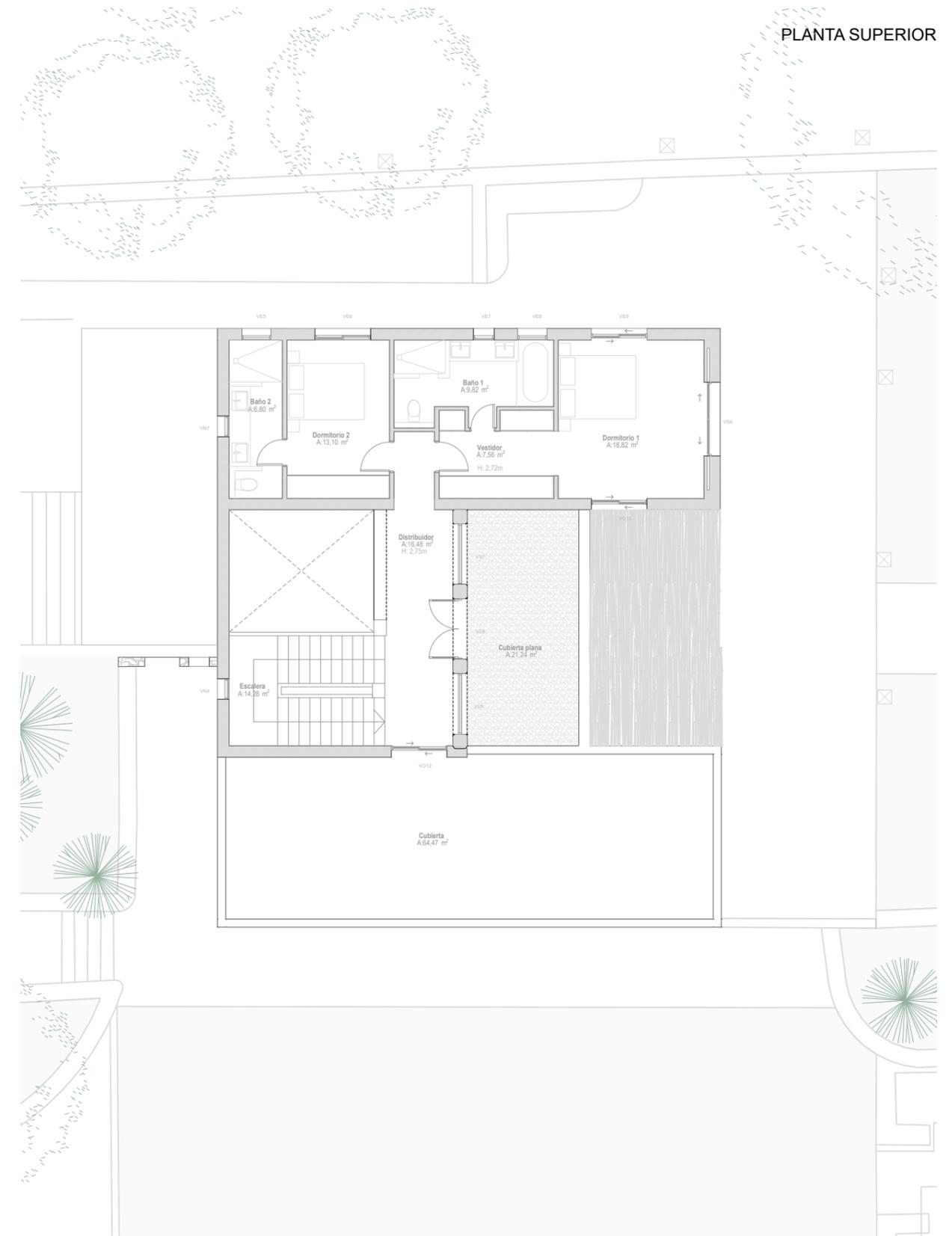
YTONG -XELLA GROUP, 2022. Cerramientos Ytong. [en línea]. [Consulta: 02 agosto 2022]. Disponible en: <https://www.ytong.es/fachadas.php>.

ZUNE, M., TUBELO, R., RODRIGUES, L. y GILLOTT, M., 2021. Improving building thermal performance through an integration of Passivhaus envelope and shading in a tropical climate. Energy and Buildings, vol. 253. ISSN 03787788. DOI 10.1016/j.enbuild.2021.111521.

PLANTA SÓTANO



PLANTA SUPERIOR



Anexo B: Documentación obtenida mediante PHPP

Casa Pasiva Comprobación



Arquitectura: FACHADA ENTRAMADO LIGERO MADERA

Calle:

CP / Ciudad:

Provincia/País:

Consultoría:

Calle:

CP / Ciudad:

Provincia/País:

Año construcción: Temp. interior invierno [°C]:

Nr. de viviendas: Ganancias internas de calor (GIC); caso calefacción [W/m²]:

Nr. de personas: Capacidad específica [Wh/K por m² de SRE]: Temp. interior verano [°C]:

GIC caso refrigeración [W/m²]:

Refrigeración mecánica:

Edificio: Casa Ibiza

Calle:

CP / Ciudad:

Provincia/País:

Tipo de edificio:

Datos climáticos: ES0022b-Palma de Mallorca

Zona climática: 5: Cálido Altitud de la localización:

Propietario / cliente:

Calle:

CP / Ciudad:

Provincia/País:

Instalaciones:

Calle:

CP / Ciudad:

Provincia/País:

Certificación:

Calle:

CP / Ciudad:

Provincia/País:

¡VERSIÓN ACADÉMICA! ¡NO VÁLIDA PARA CERTIFICACIÓN U OTROS FINES!

Criterio	Unidad	Valor	Relación	Criterios alternativos		¿Cumplido? ²	
				Limite inferior	Limite superior		
Calefacción	Superficie de referencia energética	m²					
	Demanda de calefacción	kWh/(m²a)	5	≤	15	-	Sí
	Carga de calefacción	W/m²	8	≤	-	10	Sí
Refrigeración	Demanda refrigera. & deshum.	kWh/(m²a)	16	≤	19	19	Sí
	Carga de refrigeración	W/m²	6,6	≤	-	10,1	Sí
	Frecuencia de sobrecalentamiento (> 25 °C)	%	-	≤	-	-	-
	Frecuencia excesivamente alta humedad (> 12 g/kg)	%	0	≤	10	-	Sí
Hermeticidad	Resultado ensayo presión n ₅₀	1/h	0,6	≤	0,6	-	Sí
Energía Primaria no renovable (EP)	Demanda EP	kWh/(m²a)	48	≤	-	-	-
Energía Primaria Renovable (PER)	Demanda PER	kWh/(m²a)	25	≤	60	60	Sí
	Generación de Energía Renovable	kWh/(m²a)	0	≥	-	-	Sí

² Celda vacía: Falta dato; "-": No 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?

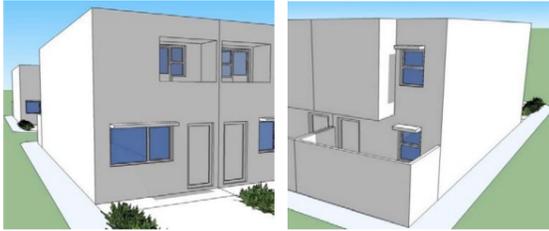
Función: Nombre: Apellido: Firma:

Fecha emisión: Ciudad:

TERMOARCILLA

HORMIGÓN CELULAR

Casa Pasiva Comprobación



Edificio: Casa Ibiza

Calle: _____

CP / Ciudad: _____

Provincia/País: _____ ES-España

Tipo de edificio: _____

Datos climáticos: ES0022b-Palma de Mallorca

Zona climática: 5: Cálido Altitud de la localización: 100 m

Propietario / cliente:

Calle: _____

CP / Ciudad: _____

Provincia/País: _____

Arquitectura: FACHADA TERMOARCILLA

Calle: _____

CP / Ciudad: _____

Provincia/País: _____

Consultoría:

Calle: _____

CP / Ciudad: _____

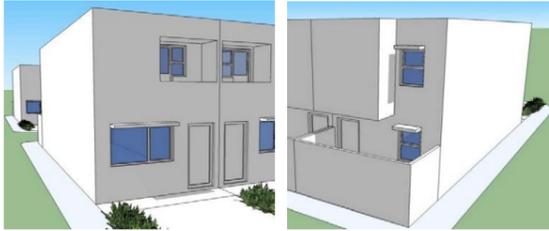
Provincia/País: _____

Año construcción: 2000 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]: 2,2 GIC caso refrigeración [W/m²]: 2,2

Nr. de personas: 6,0 Capacidad específica [Wh/K por m² de SRE]: 108 Refrigeración mecánica: x

Casa Pasiva Comprobación



Edificio: Casa Ibiza

Calle: _____

CP / Ciudad: _____

Provincia/País: _____ ES-España

Tipo de edificio: _____

Datos climáticos: ES0022b-Palma de Mallorca

Zona climática: 5: Cálido Altitud de la localización: 100 m

Propietario / cliente:

Calle: _____

CP / Ciudad: _____

Provincia/País: _____

Arquitectura: FACHADA HORMIGÓN CELULAR

Calle: _____

CP / Ciudad: _____

Provincia/País: _____

Consultoría:

Calle: _____

CP / Ciudad: _____

Provincia/País: _____

Año construcción: 2000 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]: 2,2 GIC caso refrigeración [W/m²]: 2,2

Nr. de personas: 6,0 Capacidad específica [Wh/K por m² de SRE]: 108 Refrigeración mecánica: x

¡VERSIÓN ACADÉMICA! ¡NO VÁLIDA PARA CERTIFICACIÓN U OTROS FINES!

Criterio	Superficie de referencia energética m²	Valor	Operador	Criterios alternativos		¿Cumplido? ²
				Valor	Operador	
Calefacción	Demanda de calefacción kWh/(m²a)	5	≤	15	-	Sí
	Carga de calefacción W/m²	8	≤	-	10	
Refrigeración	Demanda refrigera. & deshum. kWh/(m²a)	16	≤	19	19	Sí
	Carga de refrigeración W/m²	7,2	≤	-	10,1	
	Frecuencia de sobrecalentamiento (> 25 °C) %	-	≤	-	-	
Hermeticidad	Frecuencia excesivamente alta humedad (> 12 g/kg) %	0	≤	10	-	Sí
	Resultado ensayo presión n ₅₀ 1/h	0,6	≤	0,6	-	Sí
Energía Primaria no renovable (EP)	Demanda EP kWh/(m²a)	50	≤	-	-	-
Energía Primaria Renovable (PER)	Demanda PER kWh/(m²a)	26	≤	60	60	Sí
	Generación de Energía Renovable kWh/(m²a)	0	≥	-	-	

² Celda vacía: Falta dato; '-': No requerimiento

¡VERSIÓN ACADÉMICA! ¡NO VÁLIDA PARA CERTIFICACIÓN U OTROS FINES!

Criterio	Superficie de referencia energética m²	Valor	Operador	Criterios alternativos		¿Cumplido? ²
				Valor	Operador	
Calefacción	Demanda de calefacción kWh/(m²a)	4	≤	15	-	Sí
	Carga de calefacción W/m²	7	≤	-	10	
Refrigeración	Demanda refrigera. & deshum. kWh/(m²a)	16	≤	19	19	Sí
	Carga de refrigeración W/m²	6,7	≤	-	10,1	
	Frecuencia de sobrecalentamiento (> 25 °C) %	-	≤	-	-	
Hermeticidad	Frecuencia excesivamente alta humedad (> 12 g/kg) %	0	≤	10	-	Sí
	Resultado ensayo presión n ₅₀ 1/h	0,6	≤	0,6	-	Sí
Energía Primaria no renovable (EP)	Demanda EP kWh/(m²a)	48	≤	-	-	-
Energía Primaria Renovable (PER)	Demanda PER kWh/(m²a)	26	≤	60	60	Sí
	Generación de Energía Renovable kWh/(m²a)	0	≥	-	-	

² Celda vacía: Falta dato; '-': No 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? Sí

Función: _____ Nombre: _____ Apellido: _____ Firma: _____

Fecha emisión: _____ Ciudad: _____

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? Sí

Función: _____ Nombre: _____ Apellido: _____ Firma: _____

Fecha emisión: _____ Ciudad: _____

Datos climáticos

Casa Ibiza / Clima: Palma de Mallorca / SRE: 379 m² / Calefacción: 4,7 kWh/(m²a) / Refrigeración: 15,5 kWh/(m²a) / PER: 25,2 kWh/(m²a)

Casa Palma con PHPP Versión 9.3

Datos calefacción Datos para método mensual

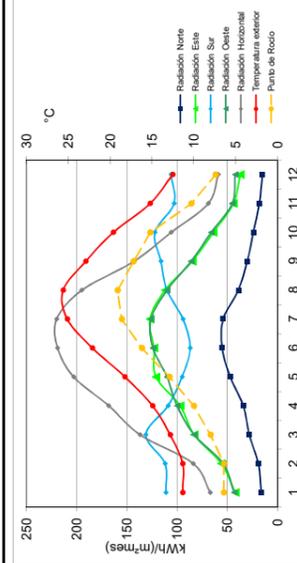
Método anual	Calefacción	Refrigeración
67	181	275
18	32	-39
34	149	339
95	255	692
196	641	975
97	483	946
152	854	1460

Visión general de los resultados

Demanda de calefacción:	4,7 kWh/(m²a)
Carga de calefacción:	7,8 W/m²
Frecuencia sobrecalentamiento:	- %
Refrigeración sensible:	9,0 kWh/(m²a)
Refrigeración latente:	6,5 kWh/(m²a)
Carga de refrigeración:	6,6 W/m²
Demanda PER:	25,2 kWh/(m²a)

Selección de los datos climáticos

País:	ES-España
Región:	Todas
Localización:	Islas Baleares
Datos climáticos:	ES002b-Palma de Mallorca
Zona climática:	B: Cálido
Altitud:	3,0 m
Estación climática:	100 m
Ubicación del edificio:	m



Mes	Carga de calefacción		Carga de refrigeración		PER
	St. mat.1	St. mat.2	St. mat.1	St. mat.2	
1	31	31	12	31	1,26
2	28	31	11	30	1,26
3	31	31	10	30	1,70
4	30	31	9	30	1,25
5	31	31	8	30	1,25
6	31	31	7	30	1,25
7	31	31	6	30	1,25
8	31	31	5	30	1,25
9	30	31	4	30	1,25
10	31	31	3	30	1,25
11	30	31	2	30	1,25
12	31	31	1	30	1,25

* C kWh/(m²mes)
 kWh/(m²mes)
 kWh/(m²mes)
 kWh/(m²mes)
 kWh/(m²mes)
 * C
 * C

Temp = 1981-2010; Other monthly = Meteorom; Load data derived by PHPP.

PHPP, Clima

PHPP_9_casL_wab0-TFG -MADERA

ENTRAMADO LIGER DE MADERA

Valor-U de los sistemas constructivos

Casa Pasiva con PHPP Versión 9.3

Casa Ibiza / Clima: Palma de Mallorca / SRE: 379 m² / Calefacción: 4,7 kWh/(m²a) / Refrigeración: 15,5 kWh/(m²a) / PER: 25,2 kWh/(m²a)

Cálculo secundario: Conductividad térmica equivalente de los espacios de aire en calma -> (a la derecha)
 Capas en forma de cuña (aislamiento con pendiente)
 Capas de aire sin ventilar y áticos no calefactados

Nr. elem. cons.	Denominación de elemento constructivo	Resistencia térmica superficial [m²K/W]	¿Aislamiento interior?			
01ud	Solera					
Inclinación del elemento: 0,17						
Adyacente a: 2-Terreno						
interior R _{si} : 0,17						
exterior R _{se} : 0,00						
Superficie parcial 1	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Esesor (mm)
Parquet	0,130					10
XPS	0,034					12
Solera hormigón	2,100					300
Porcentaje superficie parcial 1: 100%						Total: 32,2 cm
Suplemento al valor-U: [] W/(m²K)						Valor-U: 1,346 W/(m²K)

Nr. elem. cons.	Denominación de elemento constructivo	Resistencia térmica superficial [m²K/W]	¿Aislamiento interior?			
02ud	Muro Fachada					
Inclinación del elemento: 2-Muro						
Adyacente a: Aire exterior						
interior R _{si} : 0,13						
exterior R _{se} : 0,04						
Superficie parcial 1	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Esesor (mm)
Pladur	0,250					12
Placa OSB	0,130					15
Aisl. Celulosa 60kgm3	0,038	Estructura madera	0,130			35
Placa estructural	0,140					18
Aisl. Celulosa 60kgm3	0,038		Estructura madera	0,130		100
Placa OSB	0,130					15
Lana de roca	0,036					40
Porcentaje superficie parcial 1: 78%						Total: 23,5 cm
Suplemento al valor-U: [] W/(m²K)						Valor-U: 0,217 W/(m²K)

Nr. elem. cons.	Denominación de elemento constructivo	Resistencia térmica superficial [m²K/W]	¿Aislamiento interior?			
03ud	Muro Sotano (Pujades_Gijón)					
Inclinación del elemento: 2-Muro						
Adyacente a: 2-Terreno						
interior R _{si} : 0,13						
exterior R _{se} : 0,00						
Superficie parcial 1	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Esesor (mm)
Pladur	0,250					15
Lana mineral	0,035					45
Hormigón armado	2,100					250
XPS	0,036					120
Porcentaje superficie parcial 1: 100%						Total: 43,0 cm
Suplemento al valor-U: 0,05 W/(m²K)						Valor-U: 0,253 W/(m²K)

Nr. elem. cons.	Denominación de elemento constructivo	Resistencia térmica superficial [m²K/W]	¿Aislamiento interior?			
04ud	Cubierta plana					
Inclinación del elemento: 0,10						
Adyacente a: 3-Ventilada						
interior R _{si} : 0,10						
exterior R _{se} : 0,10						
Superficie parcial 1	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Esesor (mm)
Aisl. Fibra madera	0,041					60
OSB	0,130					18
Celulosa	0,038		estructura de madera	0,130		200
Placa estructural	0,140					18
Porcentaje superficie parcial 1: 81%						Total: 29,6 cm
Suplemento al valor-U: [] W/(m²K)						Valor-U: 0,174 W/(m²K)

TERMOARCILLA

HORMIGÓN CELULAR

Valor-U de los sistemas constructivos

Casa Pasiva con PHPP Versión 9.3

Casa Ibiza / Clima: Palma de Mallorca / SRE: 379 m² / Calefacción: 5,2 kWh(m²a) / Refrigeración: 16,4 kWh(m²a) / PER: 26,4 kWh(m²a)

Cálculo secundario: Conductividad térmica equivalente de los espacios de aire en calma -> (a la derecha)
 Capas en forma de cuña (aislamiento con pendiente)
 Capas de aire sin ventilar y áticos no calefactados

Nr. elem. cons. 01ud Denominación de elemento constructivo Solera ¿Aislamiento interior?

Inclinación del elemento 0,17 Resistencia térmica superficial [m²K/W] interior R_{si} 0,17 exterior R_{se} 0,00
 Adyacente a 2-Terreno

Superficie parcial 1	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Espesor [mm]
Parquet	0,130					10
XPS	0,034					12
Solera hormigón	2,100					300
						Total
Porcentaje superficie parcial 1						100%
Porcentaje superficie parcial 2						
Porcentaje superficie parcial 3						
Total						32,2 cm
Suplemento al valor-U						W/(m²K)
Valor-U: 1,346 W/(m²K)						

Nr. elem. cons. 02ud Denominación de elemento constructivo Muro Fachada ¿Aislamiento interior?

Inclinación del elemento 2-Muro Resistencia térmica superficial [m²K/W] interior R_{si} 0,13 exterior R_{se} 0,04
 Adyacente a Aire exterior

Superficie parcial 1	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Espesor [mm]
Enlucido yeso	1,400					5
XPS	0,038					120
Cemento adhesivo	1,400					2
Termoarcilla	0,438					140
Pladur	0,800					10
Lana mineral	0,036					60
doble pladur lam	0,250					25
						Total
Porcentaje superficie parcial 1						100%
Porcentaje superficie parcial 2						
Porcentaje superficie parcial 3						
Total						36,2 cm
Suplemento al valor-U						W/(m²K)
Valor-U: 0,184 W/(m²K)						

Nr. elem. cons. 03ud Denominación de elemento constructivo Muro Sotano (Pujades_Gijón) ¿Aislamiento interior?

Inclinación del elemento 2-Muro Resistencia térmica superficial [m²K/W] interior R_{si} 0,13 exterior R_{se} 0,00
 Adyacente a 2-Terreno

Superficie parcial 1	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Espesor [mm]
Pladur	0,250					15
Lana mineral	0,035					45
Hormigón armado	2,100					250
XPS	0,036					120
						Total
Porcentaje superficie parcial 1						100%
Porcentaje superficie parcial 2						
Porcentaje superficie parcial 3						
Total						43,0 cm
Suplemento al valor-U						0,05 W/(m²K)
Valor-U: 0,253 W/(m²K)						

Nr. elem. cons. 04ud Denominación de elemento constructivo Cubierta plana ¿Aislamiento interior?

Inclinación del elemento 0,10 Resistencia térmica superficial [m²K/W] interior R_{si} 0,10 exterior R_{se} 0,10
 Adyacente a 3-Ventilada

Superficie parcial 1	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Espesor [mm]
Grava	0,000					0
Hormigón pendiente arc. Expand. 110 kg/m³	1,150					100
Poliuretano extruido	0,035					100
Capa regularización	1,300					40
forjado	1,430					300
Enlucido yeso	0,570					15
						Total
Porcentaje superficie parcial 1						100%
Porcentaje superficie parcial 2						
Porcentaje superficie parcial 3						
Total						55,5 cm
Suplemento al valor-U						W/(m²K)
Valor-U: 0,293 W/(m²K)						

Valor-U de los sistemas constructivos

Casa Pasiva con PHPP Versión 9.3

Casa Ibiza / Clima: Palma de Mallorca / SRE: 379 m² / Calefacción: 4 kWh(m²a) / Refrigeración: 15,9 kWh(m²a) / PER: 25,7 kWh(m²a)

Cálculo secundario: Conductividad térmica equivalente de los espacios de aire en calma -> (a la derecha)
 Capas en forma de cuña (aislamiento con pendiente)
 Capas de aire sin ventilar y áticos no calefactados

Nr. elem. cons. 01ud Denominación de elemento constructivo Solera ¿Aislamiento interior?

Inclinación del elemento 0,17 Resistencia térmica superficial [m²K/W] interior R_{si} 0,17 exterior R_{se} 0,00
 Adyacente a 2-Terreno

Superficie parcial 1	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Espesor [mm]
Parquet	0,130					10
XPS	0,034					12
Solera hormigón	2,100					300
						Total
Porcentaje superficie parcial 1						100%
Porcentaje superficie parcial 2						
Porcentaje superficie parcial 3						
Total						32,2 cm
Suplemento al valor-U						W/(m²K)
Valor-U: 1,346 W/(m²K)						

Nr. elem. cons. 02ud Denominación de elemento constructivo Muro Fachada ¿Aislamiento interior?

Inclinación del elemento 2-Muro Resistencia térmica superficial [m²K/W] interior R_{si} 0,13 exterior R_{se} 0,04
 Adyacente a Aire exterior

Superficie parcial 1	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Espesor [mm]
Aislamiento lana roc	0,037					120
Ytong	0,090					250
Enlucido yeso	0,570					15
						Total
Porcentaje superficie parcial 1						100%
Porcentaje superficie parcial 2						
Porcentaje superficie parcial 3						
Total						38,5 cm
Suplemento al valor-U						W/(m²K)
Valor-U: 0,161 W/(m²K)						

Nr. elem. cons. 03ud Denominación de elemento constructivo Muro Sotano (Pujades_Gijón) ¿Aislamiento interior?

Inclinación del elemento 2-Muro Resistencia térmica superficial [m²K/W] interior R_{si} 0,13 exterior R_{se} 0,00
 Adyacente a 2-Terreno

Superficie parcial 1	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Espesor [mm]
Pladur	0,250					15
Lana mineral	0,035					45
Hormigón armado	2,100					250
XPS	0,036					120
						Total
Porcentaje superficie parcial 1						100%
Porcentaje superficie parcial 2						
Porcentaje superficie parcial 3						
Total						43,0 cm
Suplemento al valor-U						0,05 W/(m²K)
Valor-U: 0,253 W/(m²K)						

Nr. elem. cons. 04ud Denominación de elemento constructivo Cubierta plana ¿Aislamiento interior?

Inclinación del elemento 0,10 Resistencia térmica superficial [m²K/W] interior R_{si} 0,10 exterior R_{se} 0,10
 Adyacente a 3-Ventilada

Superficie parcial 1	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(m·K)]	Espesor [mm]
Grava	2,000					50
Mortero	1,800					50
Aislamiento XPS	0,036					160
forjado	1,430					300
Enlucido yeso	0,570					15
						Total
Porcentaje superficie parcial 1						100%
Porcentaje superficie parcial 2						
Porcentaje superficie parcial 3						
Total						57,5 cm
Suplemento al valor-U						W/(m²K)
Valor-U: 0,203 W/(m²K)						

Determinación de superficies

Casa Ibiza / Clima: Palma de Mallorca / SRE: 379 m² / Calefacción: 4,7 kWh/(m²a) / Refrigeración: 15,5 kWh/(m²a) / PER: 25,2 kWh/(m²a)

Zona de temperatura		Cuadro resumen		Comentario	
Grupo de superficies	Nr. de grupo	Superficie / Longitud	Utilidad	Superficie de referencia energética de acuerdo a manual PHPP	Comentario
A	1	376,89	m²	376,89	Los resultados son tomados de la hoja 'Ventanas'
A	2	5,04	m²	5,04	Las superficies de ventanas se suman en las superficies opuestas automáticamente
A	3	21,92	m²	21,92	que son modadas en la hoja 'Ventanas'
A	4	46,96	m²	46,96	
A	5	67,77	m²	67,77	
A	6	0,00	m²	0,00	
A	7	332,23	m²	332,23	Restar la superficie de la puerta exterior del elemento constructivo correspondiente
A	8	122,39	m²	122,39	La zona de temperatura 'A' es el Terreno
A	9	186,01	m²	186,01	La zona de temperatura 'B' es el Terreno
A	10	181,70	m²	181,70	Las zonas de temperatura 'A', 'B', 'P' y 'X' pueden utilizarse. NO puede utilizarse la 'r'
A	11	0,00	m²	0,00	Las zonas de temperatura 'A', 'B', 'P' y 'X' pueden utilizarse. NO puede utilizarse la 'r'
A	12	0,00	m²	0,00	Las zonas de temperatura 'A', 'B', 'P' y 'X' pueden utilizarse. NO puede utilizarse la 'r'
A	13	0,00	m²	0,00	La zona de temperatura 'X' es la temperatura exterior
A	14	0,00	m²	0,00	Zona de temperatura 'X'. El usuario introduce el factor de temperatura ponderado (0 <= f <= 1)
A	15	0,00	m	0,00	Unidades en metros lineales
P	16	0,00	m	0,00	Unidades en metros lineales. La zona de la temperatura 'P' corresponde al perímetro (ver hoja de 'Terreno')
B	17	0,00	m	0,00	Puertas térmicas P/ES
I	18	0,00	m²	0,00	Muro divisorio entre viviendas
Total de la envolvente térmica		921,42	m²		

Introducción de superficies																			
Nr. de área	Denominación elemento constructivo	Hoja grupo No.	Asignación al grupo	Can. térmica	a (m)	b (m)	Definido por el usuario (m²)	Restado por el usuario (m²)	Superficie de las ventanas (m²)	Superficie (m²)	Selección de elemento constructivo certificado	Valor-U (W/m²K)	Desviación respecto al norte	Ángulo de inclinación respecto a la horizontal	Orientación	Factor de reducción de sombras totales	Absorción de la superficie exterior	Emissividad exterior	
1	Huella proyectada del edificio	0	SRE (sup. de referencia energética)	1	X	X	277,16	-	361,72	277,2									
2	Puerta exterior	7	Puerta exterior	1	X	X	361,72	-											
3	Muro ext. Norte PP	8	Muro ext. -aire ext.	1	X	3,04				363	0,217	0,40	90	Norte	0,70	0,40	0,90	0,90	
4	Muro ext. Norte PB	8	Muro ext. -aire ext.	1	X	16,99				50,4	0,217	0,40	90	Norte	0,70	0,40	0,90	0,90	
5	Muro ext. Norte PE	8	Muro ext. -terreno	1	X	5,90				18,3	0,253	0,40	90	Norte	0,70	0,40	0,90	0,90	
6	Muro ext. Este PB	8	Muro ext. -aire ext.	1	X	7,40				22,2	0,217	0,40	90	Norte	0,70	0,40	0,90	0,90	
7	Muro ext. Este PE	8	Muro ext. -aire ext.	1	X	14,30				33,6	0,217	0,40	90	Este	0,70	0,40	0,90	0,90	
8	Muro ext. Este PP	8	Muro ext. -terreno	1	X	21,12				65,5	0,217	0,40	90	Este	0,70	0,40	0,90	0,90	
9	Muro ext. Sur PB	8	Muro ext. -aire ext.	1	X	16,99				50,4	0,217	0,40	90	Este	0,70	0,40	0,90	0,90	
10	Muro ext. Sur PE	8	Muro ext. -terreno	1	X	32,46				90,1	0,217	0,40	90	Este	0,70	0,40	0,90	0,90	
11	Muro ext. Oeste PB	8	Muro ext. -aire ext.	1	X	14,30				33,4	0,217	0,40	90	Oeste	0,70	0,40	0,90	0,90	
12	Muro ext. Oeste PE	8	Muro ext. -aire ext.	1	X	21,12				54,4	0,217	0,40	90	Oeste	0,70	0,40	0,90	0,90	
13	Muro ext. Oeste PP	8	Muro ext. -aire ext.	1	X	X				181,70	0,217	0,40	90	Oeste	0,70	0,40	0,90	0,90	
14	Solera	11	Solera / losa piso / forjado sanitario	1	X	X	246,97			181,7	1,346								
15	Losas PB	16	Losas PB	1	X	X	123,24												
16	Losas PP	16	Losas PP	1	X	X	123,24												
17	Cubierta 1	10	Techo / cubierta - Aire ext.	1	X	X	123,23			123,2	0,174	0,70	0	Hor	0,70	0,70	0,90	0,90	
18	Cubierta 2	10	Techo / cubierta - Aire ext.	1	X	X	24,54			24,5	0,174	0,70	0	Hor	0,70	0,70	0,90	0,90	
19	Cubierta 3	10	Techo / cubierta - Aire ext.	1	X	X	38,24			38,2	0,174	0,70	0	Hor	0,70	0,70	0,90	0,90	
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			
32																			

Pérdidas de calor a través del terreno

Casa Ibiza / Clima: Palma de Mallorca / SRE: 379 m² / Calefacción: 4,7 kWh/(m²a) / Refrigeración: 15,5 kWh/(m²a) / PER: 25,2 kWh/(m²a)

Sección del edificio 1

Características del terreno	
Conductividad térmica	λ 2,0 W/(mK)
Capacidad térmica	ρc 2,0 MJ/(m³K)
Profundidad de penetración periódica	δ 3,17 m

Datos climáticos	
Temp. media interior en invierno	T_i 20,0 °C
Temp. media interior en verano	$T_{i,med}$ 25,0 °C
Temp. media superficie del terreno	$T_{ter,med}$ 18,6 °C
Amplitud $T_{e,med}$	$T_{ter,\Delta}$ 7,2 °C
Cambio de fases de $T_{e,m}$	τ 1,6 Meses
Duración del periodo de calefacción	n 2,2 Meses
Grados-hora de calefacción, exterior	G_i 17,5 kWh/a

Datos del edificio	
Superficie de losa de piso / entpiso de sótano	A 65,7 m²
Longitud perimetral	P 32,7 m
Valores característicos elem. cons. horizontal	B' 4,02 m

Valor-U solera o losa / techo sótano	$U_{s,fs}$ 1,346 W/(m²K)
PTs solera o losa / techo sótano	$\Psi_{B,1}$ 0,00 W/K
Valor-U solera o losa / techo sótano i	$U_{s,fs,i}$ 1,346 W/(m²K)
Espesor efectivo del piso	d_t 1,49 m

Tipo de losa de piso / solera (marcar sólo un campo)

X Losa de piso / solera en contacto con el terreno			
Espesor / profundidad aislamiento perimetral	D m	Posición del aislamiento perimetral	Horizontal
Espesor aislamiento perimetral	d_n m	(marcar con una "x")	Vertical <input checked="" type="checkbox"/>
Conductividad térmica aislamiento perimetral	λ_{borde} W/(mK)		
Sótano calefactado o losa de piso completamente / parcialmente bajo el nivel de terreno			
Altura pared sótano sobre rasante	z m	Valor-U pared sótano bajo rasante del terreno	U_{sot} W/(m²K)
Sótano no calefactado			
Altura pared sótano sobre rasante	h m	Valor-U pared sótano sobre rasante del terreno	U_{par} W/(m²K)
Altura pared sótano bajo rasante	z m	Valor-U pared sótano bajo rasante del terreno	$U_{par,sot}$ W/(m²K)
Renovación de aire en sótano no calefactado	n h⁻¹	Valor-U suelo sótano / losa de piso sótano	U_{sot} W/(m²K)
Volumen de aire sótano	V m³		
Losa de piso con cámara de aire ventilada (máx. 0.5 m por debajo de rasante)			
Valor-U losa de piso sobre cámara de aire	U_{hueco} W/(m²K)	Sección aperturas de ventilación	ϵ_P m²
Altura pared cámara de aire	h m	Velocidad de viento a 10 m de altura	v m/s
Valor-U pared cámara de aire	U_{par} W/(m²K)	Factor de protección del viento	f_v -

Pérdida de puente térmico adicional en el zócalo (perímetro del edificio)

Cambio de fases	β Meses	Fracción estacionaria	$\Psi_{P,stat}$ W/K
		Cuota periódica	$\Psi_{P,harm}$ W/K

Corrección de nivel freático

Profundidad del nivel freático	z_{agua} m	Factor de corrección agua subterránea	C_{agua} -
Velocidad de flujo NF	q_{agua} m/d		

Resultados temporales

Cambio de fases	β 1,02 Meses	Flujo de calor estacionario	Φ_{est} 56,9 W
Conductancia estacionaria	L_S 41,93 W/K	Flujo de calor periódico	Φ_{harm} 160,8 W
Conductancia estacionaria	L_S 27,63 W/K	Pérdidas de calor durante periodo calefacción	Q_{tot} 349 kWh
Conductancia periódica exterior	L_0 88,46 W/K		

Temperaturas del terreno mensuales para cálculo de método mensual (elemento constructivo 1)

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Valor medio
Invierno	17,9	17,2	17,2	17,7	18,7	19,8	20,8	21,5	21,5	21,0	20,1	18,9	19,4
Verano	20,5	19,9	19,8	20,3	21,3	22,4	23,5	24,1	24,2	23,7	22,7	21,5	22,0

Temperatura de cálculo del terreno para la hoja 'Carga-C' 17,2

Para hoja 'Carga-R' 24,2

Factor de reducción para hoja 'Calefacción anual' 0,23

Resultado total (todas las secciones del edificio)

Cambio de fases	β 1,02 Meses	Flujo de calor estacionario	Φ_{est} 56,9 W
Conductancia estacionaria	L_S 41,93 W/K	Flujo de calor periódico	Φ_{harm} 160,8 W
Conductancia periódica exterior	L_{pe} 27,63 W/K	Pérdidas de calor durante periodo calefacción	Q_{tot} 349 kWh
Conductancia edificio	L_0 88,46 W/K	Valores característicos elem. cons. horizontal	B' 4,02 m

Temperaturas del terreno mensuales para cálculo de método mensual (todos los elementos constructivos)

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Valor medio
Invierno	17,9	17,2	17,2	17,7	18,7	19,8	20,8	21,5	21,5	21,0	20,1	18,9	19,4
Caso verano	20,5	19,9	19,8	20,3	21,3	22,4	23,5	24,1	24,2	23,7	22,7	21,5	22,0

Temperatura de cálculo del terreno para hoja 'Carga-C' 17,2

Para hoja 'Carga-R' 24,2

Factor de reducción para hoja 'Calefacción anual' 0,23

Acristalamiento		Acristalamiento recomendado para empazar la planificación	
Doble acristalamiento con aislamiento térmico (Por favor, considere el criterio de confort)		Valor g	Valor-Ug
ID	Descripción	Valor g	W/(m²K)
01ud	Vidrio doble bajo emisivo	0,62	1,14
02ud	Vidrio doble bajo emisivo con control solar	0,40	1,14
03ud	Vidrio triple	0,62	0,84
04ud			
05ud			
06ud			
07ud			
08ud			
09ud			
10ud			

Componentes Casa Pasiva

Clima: Palma de Maiorca / SRE: 379 m² / Calefacción: 4,7 kWh/(m²a) / Refrigeración: 15,5 kWh/(m²a) / PER: 26,2 kWh/(m²a)

www.passivhauser.com/contenidos/database

Aperturas de ventilación

Unidades compactas

Recuperación de calor ACS

Elementos constructivos (Valores-U)		0,5 W/(m²K) 1,15 W/(m²K)	
ID	Descripción	Valor-U	W/(m²K)
01ud	Solera	0,222	1,346
02ud	Muro Fachada	0,235	0,217
03ud	Muro Sotano	0,330	0,263
04ud	Cubierta plana	0,296	0,174
05ud			
06ud			
07ud			
08ud			
09ud			
10ud			

ID	Descripción	Valor Uj				Ancho del marco				Puente térmico en borde de vidrio				Puente térmico de instalación				Fachada muro cortina:	
		Izquierda	Derecha	Abajo	Arriba	Izquierda	Derecha	Abajo	Arriba	W(m²K)	W(m²K)	W(m²K)	W(m²K)	W(m²K)	W(m²K)	W(m²K)	W(m²K)	W(m²K)	
01ud	Ventana 1 hojas madera-aluminio con persiana	0,28	0,98	1,01	0,98	0,108	0,108	0,108	0,108	0,043	0,043	0,043	0,043	0,04	0,04	0,04	0,04	0,12	0,12
02ud	Ventana 1 hoja madera-aluminio sin persiana	0,28	0,98	1,01	0,98	0,108	0,108	0,108	0,108	0,043	0,043	0,043	0,043	0,04	0,04	0,04	0,04	0,08	0,08
03ud	Ventana 2 hojas madera-aluminio / Lado izquierdo	0,28	0,95	1,01	0,98	0,108	0,078	0,108	0,108	0,043	0,043	0,043	0,043	0,04	0,04	0,04	0,04	0,08	0,08
04ud	Ventana 2 hojas madera-aluminio / Lado derecho	0,28	0,95	1,01	0,98	0,078	0,108	0,108	0,108	0,043	0,043	0,043	0,043	0,04	0,04	0,04	0,04	0,08	0,08
05ud																			
06ud																			
07ud																			
08ud																			
09ud																			
10ud																			

Ventanas

Orientación de la ventana	Radiación global (kWh/m²a)	Sombras	Suciedad	Incidencia de radiación no vertical	Proporción de vidrio	Valor g	Factor de reducción para radiación solar	Superficie de ventana (m²)	Valor-Uj de ventana (W/m²K)	Superficie de acristalamiento (m²)	Radiación global promedio (kWh/m²a)	Pérdidas por transmisión en periodo de calefacción (kWh)	Garantías de calor por radiación solar periodo de calefacción (kWh)			
Norte	34	0,47	0,95	0,85	0,52	0,40	0,20	5,04	1,46	2,64	39	129	16			
Este	196	0,27	0,95	0,85	0,67	0,40	0,14	21,92	1,31	14,58	66	504	83			
Sur	97	0,43	0,95	0,85	0,69	0,40	0,25	42,86	1,26	33,03	185	935	1173			
Oeste	162	0,43	0,95	0,85	0,69	0,40	0,20	23,77	1,26	19,84	123	554	388			
Horizontal	162	1,00	0,95	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	152	0	0			
Total o valor promedio de todas las ventanas											0,40	98,59	1,28	70,20	2220	1660

Carril	Descripción	Desviación con respecto al norte	Ángulo de inclinación respecto a la horizontal	Orientación	Medidas hueco de albañilería		Instalado en	Acristalamiento	Marco	Valor g	Valor-Uj	Borde de vidrio	Situación de instalación				Resultados					
					Anchura	Altura							Selección a partir de hoja "Superficie"	Selección a partir de hoja "Componente"	Selección a partir de hoja "Componente"	Radiación perpendicular	Acristalamiento	Marco (g/m²-medio)	Uj (W/m²K)	Uj (W/m²K)	Uj (W/m²K)	Uj (W/m²K)
1	V01	336	90	Noche	0,600	1,200	Muro est. Norte PS	1-Ordenar: COMO LISTA	1-Ordenar: COMO LISTA	0,40	1,14	0,99	0,843	1	1	1	1	0,047	0,7	0,38	1,46	82%
1	V02	336	90	Noche	0,600	1,200	Muro est. Norte PS	2-Muro est. Norte PS	2-Muro est. Norte PS	0,40	1,14	0,99	0,843	1	1	1	1	0,047	0,7	0,38	1,46	82%
1	V03	336	90	Noche	0,600	1,200	Muro est. Norte PS	3-Muro est. Norte PS	3-Muro est. Norte PS	0,40	1,14	0,99	0,843	1	1	1	1	0,047	0,7	0,38	1,46	82%
1	V04	336	90	Noche	0,600	1,200	Muro est. Norte PS	4-Muro est. Norte PS	4-Muro est. Norte PS	0,40	1,14	0,99	0,843	1	1	1	1	0,047	0,7	0,38	1,46	82%
1	V05	336	90	Noche	0,600	1,200	Muro est. Norte PS	5-Muro est. Norte PS	5-Muro est. Norte PS	0,40	1,14	0,99	0,843	1	1	1	1	0,047	0,7	0,38	1,46	82%
1	V06	336	90	Noche	0,600	1,200	Muro est. Norte PS	6-Muro est. Norte PS	6-Muro est. Norte PS	0,40	1,14	0,99	0,843	1	1	1	1	0,047	0,7	0,38	1,46	82%
1	V07	336	90	Noche	0,600	1,200	Muro est. Norte PS	7-Muro est. Norte PS	7-Muro est. Norte PS	0,40	1,14	0,99	0,843	1	1	1	1	0,047	0,7	0,38	1,46	82%
1	V08-1	66	90	Este	0,800	1,200	Muro est. Este PS	8-Muro est. Este PS	8-Muro est. Este PS	0,40	1,14	1,07	0,826	1	0	1	1	0,040	1,0	0,60	1,32	62%
1	V08-2	66	90	Este	0,800	1,200	Muro est. Este PS	9-Muro est. Este PS	9-Muro est. Este PS	0,40	1,14	1,07	0,826	0	1	1	1	0,040	1,0	0,60	1,32	62%
1	V09-1	66	90	Este	0,800	1,200	Muro est. Este PS	10-Muro est. Este PS	10-Muro est. Este PS	0,40	1,14	1,10	0,826	1	0	1	1	0,040	1,7	1,14	1,29	68%
1	V09-2	66	90	Este	0,800	1,200	Muro est. Este PS	11-Muro est. Este PS	11-Muro est. Este PS	0,40	1,14	1,10	0,826	0	1	1	1	0,040	1,7	1,14	1,29	68%
1	V10-1	66	90	Este	0,800	1,200	Muro est. Este PS	12-Muro est. Este PS	12-Muro est. Este PS	0,40	1,14	1,10	0,826	1	0	1	1	0,040	1,7	1,14	1,29	68%
1	V10-2	66	90	Este	0,800	1,200	Muro est. Este PS	13-Muro est. Este PS	13-Muro est. Este PS	0,40	1,14	1,10	0,826	0	1	1	1	0,040	2,2	1,62	1,27	73%
1	V11-1	166	90	Sur	1,050	2,100	Muro est. Sur PS	14-Muro est. Sur PS	14-Muro est. Sur PS	0,40	1,14	1,09	0,826	0	1	1	1	0,040	2,2	1,62	1,27	73%
1	V11-2	166	90	Sur	1,050	2,100	Muro est. Sur PS	15-Muro est. Sur PS	15-Muro est. Sur PS	0,40	1,14	1,09	0,826	0	1	1	1	0,040	2,2	1,62	1,27	73%
1	V12	166	90	Sur	1,750	2,650	Muro est. Sur PS	16-Muro est. Sur PS	16-Muro est. Sur PS	0,40	1,14	0,85	0,820	1	1	1	1	0,040	4,6	3,85	1,30	83%
1	V13-1	166	90	Sur	0,875	2,650	Muro est. Sur PS	17-Muro est. Sur PS	17-Muro est. Sur PS	0,40	1,14	0,85	0,843	0	1	1	1	0,040	2,3	1,60	1,30	69%
1	V13-2	166	90	Sur	0,875	2,650	Muro est. Sur PS	18-Muro est. Sur PS	18-Muro est. Sur PS	0,40	1,14	0,85	0,843	0	1	1	1	0,040	2,3	1,60	1,30	69%
1	V14	166	90	Sur	1,750	2,650	Muro est. Sur PS	19-Muro est. Sur PS	19-Muro est. Sur PS	0,40	1,14	0,85	0,820	1	1	1	1	0,040	4,6	3,85	1,30	83%
1	V15-1	166	90	Sur	1,050	2,100	Muro est. Sur PS	20-Muro est. Sur PS	20-Muro est. Sur PS	0,40	1,14	1,09	0,826	1	0	1	1	0,040	2,2	1,62	1,27	73%
1	V15-2	166	90	Sur	1,050	2,100	Muro est. Sur PS	21-Muro est. Sur PS	21-Muro est. Sur PS	0,40	1,14	1,09	0,826	0	1	1	1	0,040	2,2	1,62	1,27	73%
1	V16-1	166	90	Sur	1,050	2,100	Muro est. Sur PS	22-Muro est. Sur PS	22-Muro est. Sur PS	0,40	1,14	1,09	0,826	0	1	1	1	0,040	2,2	1,62	1,27	73%
1	V16-2	166	90	Sur	1,050	2,100	Muro est. Sur PS	23-Muro est. Sur PS	23-Muro est. Sur PS	0,40	1,14	1,09	0,826	1	1	1	1	0,040	2,2	1,62	1,27	73%
1	V17	166	90	Sur	1,750	2,994	Muro est. Sur PP	24-Muro est. Sur PP	24-Muro est. Sur PP	0,40	1,14	0,85	0,820	1	1	1	1	0,040	5,2	4,38	1,20	84%
1	V18-1	166	90	Sur	0,875	2,994	Muro est. Sur PP	25-Muro est. Sur PP	25-Muro est. Sur PP	0,40	1,14	0,86	0,843	1	0	1	1	0,047	2,6	1,83	1,29	70%
1	V18-2	166	90	Sur	0,875	2,994	Muro est. Sur PP	26-Muro est. Sur PP	26-Muro est. Sur PP	0,40	1,14	0,86	0,843	0	1	1	1	0,047	2,6	1,83	1,29	70%
1	V19	166	90	Sur	1,750	2,994	Muro est. Sur PP	27-Muro est. Sur PP	27-Muro est. Sur PP	0,40	1,14	0,85	0,820	1	1	1	1	0,040	5,2	4,38	1,20	84%
1	V01	246	90	Oeste	0,600	1,200	13-Muro est. Oeste PS	28-Muro est. Oeste PS	28-Muro est. Oeste PS	0,40	1,14	0,99	0,843	1	1	1	1	0,047	0,7	0,38	1,46	82%
1	V02-1	246	90	Oeste	0,800	2,100	13-Muro est. Oeste PS	29-Muro est. Oeste PS	29-Muro est. Oeste PS	0,40	1,14	1,10	0,826	1	0	1	1	0,040	1,7	1,14	1,29	68%
1	V02-2	246	90	Oeste	0,800	2,100	13-Muro est. Oeste PS	30-Muro est. Oeste PS	30-Muro est. Oeste PS	0,40	1,14	1,10	0,826	0	1	1	1	0,040	1,7	1,14	1,29	68%
1	V03	246	90	Oeste	0,600	1,200	13-Muro est. Oeste PS	31-Muro est. Oeste PS	31-Muro est. Oeste PS	0,40	1,14	0,99	0,843	1	1	1	1	0,047	0,7	0,38	1,46	82%
1	V04	246	90	Oeste	0,600	1,200	13-Muro est. Oeste PS	32-Muro est. Oeste PS	32-Muro est. Oeste PS	0,40	1,14	0,99	0,843	1	1	1	1	0,047	0,7	0,38	1,46	82%
1	V05-1	246	90	Oeste	0,800	2,100	13-Muro est. Oeste PS	33-Muro est. Oeste PS	33-Muro est. Oeste PS	0,40	1,14	1,10	0,826	1	0	1	1	0,040	1,7	1,14	1,29	68%
1	V05-2	246	90	Oeste	0,800	2,100	13-Muro est. Oeste PS	34-Muro est. Oeste PS	34-Muro est. Oeste PS	0,40	1,14	1,10	0,826	0	1	1	1	0,040	1,7	1,14	1,29	68%
1	V06	246	90	Oeste	0,600																	

Demanda de calefacción (método mensual)

Casa Ibiza / Clima: Palma de Mallorca / SRE: 379 m² / Calefacción: 4,7 kWh/(m²a) / Refrigeración: 16,4 kWh/(m²a) / PER: 25,2 kWh/(m²a)

La suma de los períodos de calefacción calculados mediante el método mensual se presentan en esta parte

Temperatura interior: 20 °C		Tipo de edificio: Tipo de edificio	
Superficie de referencia energética A _{ref} : 379,6 m ²		Superficie de referencia energética A _{ref} : 379,6 m ²	
Capacidad específica: 108 kWh/(m ² K)		Capacidad específica: 108 kWh/(m ² K)	

Elemento constructivo	Zona de temperatura	Superficie m ²	Valor-U W/(m ² K)	Fact. red. mensual	G _g kWh/a	Por m ² de SRE kWh/a
Muro ext. - aire ext.	A	332,7	0,217	1,00	2338	6,18
Muro ext. - terreno	B	122,4	0,253	1,00	8	0,65
Techo / cubierta - Aire ext.	A	186,0	0,174	1,00	32	2,77
Solera / losa piso / forjado sanitario	B	181,7	1,346	1,00	8	5,15
Verticales	A	98,6	1,285	1,00	0	10,83
Puerta exterior	A	98,6	1,285	1,00	0	10,83
Puertas térmicas exteriores (longitud en m)	A	0,00	1,00	1,00	0	0,00
Puertas térmicas perimetro (longitud en m)	P	0,00	1,00	1,00	0	0,00
Puertas térmicas piso (longitud en m)	B	0,00	1,00	1,00	0	0,00
Total superficies opacas					9683	25,6

Pérdidas de calor por transmisión QT

Caída de aire efectivo V _a	A _{ext} m ²	Altura libre habitación	A _{ext} m ²	Caída de aire efectivo V _a	A _{ext} m ²
946	379	2,50	946	946	379

Renovación de aire exterior n _{ext} (coeficiente de renovación)	n _{ext} h ⁻¹	V _{ext} m ³ /h	Q _{ext} kWh/a
0,285	0,91	32	1132

Renovación de aire exterior n _{ext} (coeficiente de renovación)	n _{ext} h ⁻¹	V _{ext} m ³ /h	Q _{ext} kWh/a
0,285	0,91	32	1132

Pérdidas de ventilación, exterior Q _{vent,e}	Q _{vent,e} kWh/a
946	1132

Pérdidas de ventilación, terreno Q _{vent,t}	Q _{vent,t} kWh/a
946	1132

Pérdidas de calor por ventilación Q _{vent}	Q _{vent} kWh/a
1892	2264

Pérdidas totales de calor Q_p

Factor de reducción ver hoja de cálculo (verificación/coeficiente parietario)	Superficie m ²	Radiación global kWh/a
0,20	5,0	60
0,14	21,9	322
0,37	42,9	4056
0,25	28,8	483
0,00	0,0	584
Total superficies opacas		829

Ganancias de calor por radiación solar Q_g

Factor de reducción ver hoja de cálculo (verificación/coeficiente parietario)	Superficie m ²	Radiación global kWh/a
0,20	5,0	60
0,14	21,9	322
0,37	42,9	4056
0,25	28,8	483
0,00	0,0	584
Total superficies opacas		829

Ganancias internas de calor Q_i

Duración periodo calefacción	Potencia esp. q _i W/m ²	A _{int} m ²	Q _i kWh/a
0,024	181	2,2	3671

Ganancias de calor Q_g

Color disponible Q _{g,dispon}	Q _g + Q _i kWh/a
10350	10350

Relación entre el calor disponible y las pérdidas de Q _{g,dispon} / Q _p	Q _{g,dispon} / Q _p
0,96	0,96

Aprovechamiento efectivo del calor Q _{g,ef}	Q _{g,ef} kWh/a
87%	9019

Ganancias de calor Q _g	Q _g kWh/a
9019	9019

Demanda de calefacción Q_{d,cal}

Valor máx. permitido	Q _{d,cal} kWh/a
15	1796

¿Requerimiento cumplido?	SI
--------------------------	----

Demanda de calefacción (método mensual)

Casa Plaia con PHPPP Versión 9.3 / Clima: Palma de Mallorca / SRE: 279 m² / Calefacción: 4,7 kWh/(m²a) / Refrigeración: 16,4 kWh/(m²a) / PER: 25,2 kWh/(m²a)

Temperatura interior: 20 °C

Superficie de referencia energética A_{ref}: 279 m²

Elemento constructivo	Zona de temperatura	Superficie m ²	Valor-U W/(m ² K)	Fact. red. mensual	G _g kWh/a	Por m ² de SRE kWh/a
Muro ext. - aire ext.	A	332,7	0,217	1,00	2338	6,18
Muro ext. - terreno	B	122,4	0,253	1,00	8	0,65
Techo / cubierta - Aire ext.	A	186,0	0,174	1,00	32	2,77
Solera / losa piso / forjado sanitario	B	181,7	1,346	1,00	8	5,15
Verticales	A	98,6	1,285	1,00	0	10,83
Puerta exterior	A	98,6	1,285	1,00	0	10,83
Puertas térmicas exteriores (longitud en m)	A	0,00	1,00	1,00	0	0,00
Puertas térmicas perimetro (longitud en m)	P	0,00	1,00	1,00	0	0,00
Puertas térmicas piso (longitud en m)	B	0,00	1,00	1,00	0	0,00
Total superficies opacas					9683	25,6

Pérdidas de calor por transmisión QT

Caída de aire efectivo V _a	A _{ext} m ²	Altura libre habitación	A _{ext} m ²	Caída de aire efectivo V _a	A _{ext} m ²
946	379	2,50	946	946	379

Renovación de aire exterior n _{ext} (coeficiente de renovación)	n _{ext} h ⁻¹	V _{ext} m ³ /h	Q _{ext} kWh/a
0,285	0,91	32	1132

Renovación de aire exterior n _{ext} (coeficiente de renovación)	n _{ext} h ⁻¹	V _{ext} m ³ /h	Q _{ext} kWh/a
0,285	0,91	32	1132

Pérdidas de ventilación, exterior Q _{vent,e}	Q _{vent,e} kWh/a
946	1132

Pérdidas de ventilación, terreno Q _{vent,t}	Q _{vent,t} kWh/a
946	1132

Pérdidas de calor por ventilación Q _{vent}	Q _{vent} kWh/a
1892	2264

Pérdidas totales de calor Q_p

Factor de reducción ver hoja de cálculo (verificación/coeficiente parietario)	Superficie m ²	Radiación global kWh/a
0,20	5,0	60
0,14	21,9	322
0,37	42,9	4056
0,25	28,8	483
0,00	0,0	584
Total superficies opacas		829

Ganancias de calor por radiación solar Q_g

Factor de reducción ver hoja de cálculo (verificación/coeficiente parietario)	Superficie m ²	Radiación global kWh/a
0,20	5,0	60
0,14	21,9	322
0,37	42,9	4056
0,25	28,8	483
0,00	0,0	584
Total superficies opacas		829

Ganancias internas de calor Q_i

Duración periodo calefacción	Potencia esp. q _i W/m ²	A _{int} m ²	Q _i kWh/a
0,024	181	2,2	3671

Ganancias de calor Q_g

Color disponible Q _{g,dispon}	Q _g + Q _i kWh/a
10350	10350

Relación entre el calor disponible y las pérdidas de Q _{g,dispon} / Q _p	Q _{g,dispon} / Q _p
0,96	0,96

Aprovechamiento efectivo del calor Q _{g,ef}	Q _{g,ef} kWh/a
87%	9019

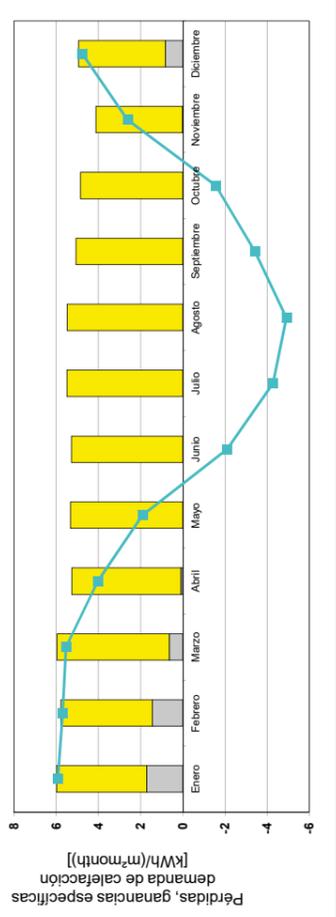
Ganancias de calor Q _g	Q _g kWh/a
9019	9019

Demanda de calefacción Q_{d,cal}

Valor máx. permitido	Q _{d,cal} kWh/a
15	1796

¿Requerimiento cumplido?	SI
--------------------------	----

ENTRAMADO LIGER DE MADERA



Demanda de calefacción: comparación
Método mensual (Calefacción) 1796 kWh/a
Método anual (Calefacción anual) 2397 kWh/a

Pérdidas, ganancias específicas [kWh/(m²month)]
Total de ganancias específicas solares+internas: 4,7 kWh/(m²a)
Total de pérdidas específicas: 7,4 kWh/(m²a)

Demanda de calefacción (método mensual)

Casa Plaia con PHPPP Versión 9.3 / Clima: Palma de Mallorca / SRE: 279 m² / Calefacción: 5,2 kWh/(m²a) / Refrigeración: 16,4 kWh/(m²a) / PER: 26,4 kWh/(m²a)

La suma de los períodos de calefacción calculados mediante el método mensual se presentan en esta parte

Temperatura interior: 20 °C		Tipo de edificio: Tipo de edificio	
Superficie de referencia energética A _{ref} : 279,6 m ²		Superficie de referencia energética A _{ref} : 279,6 m ²	
Capacidad específica: 108 kWh/(m ² K)		Capacidad específica: 108 kWh/(m ² K)	

Elemento constructivo	Zona de temperatura	Superficie m ²	Valor-U W/(m ² K)	Fact. red. mensual	G _g kWh/a	Por m ² de SRE kWh/a
Muro ext. - aire ext.	A	332,7	0,154	1,00	2007	5,30
Muro ext. - terreno	B	122,4	0,283	1,00	1786	0,65
Techo / cubierta - Aire ext.	A	186,0	1,283	1,00	33	4,72
Solera / losa piso / forjado sanitario	B	181,7	1,346	1,00	8	5,15
Verticales	A	98,6	1,285	1,00	0	10,96
Puerta exterior	A	98,6	1,285	1,00	0	10,96
Puertas térmicas exteriores (longitud en m)	A	0,00	1,00	1,00	0	0,00
Puertas térmicas perimetro (longitud en m)	P	0,00	1,00	1,00	0	0,00
Puertas térmicas piso (longitud en m)	B	0,00	1,00	1,00	0	0,00
Total superficies opacas					10140	26,8

Pérdidas de calor por transmisión QT

Caída de aire efectivo V _a	A _{ext} m ²	Altura libre habitación	A _{ext} m ²	Caída de aire efectivo V _a	A _{ext} m ²
946	379	2,50	946	946	379

Renovación de aire exterior n _{ext} (coeficiente de renovación)	n _{ext} h ⁻¹	V _{ext} m ³ /h	Q _{ext} kWh/a
0,285	0,91	32	1146

Renovación de aire exterior n _{ext} (coeficiente de renovación)	n _{ext} h ⁻¹	V _{ext} m ³ /h	Q _{ext} kWh/a
0,285	0,91	32	1146

Pérdidas de ventilación, exterior Q _{vent,e}	Q _{vent,e} kWh/a
946	1146

Pérdidas de ventilación, terreno Q _{vent,t}	Q _{vent,t} kWh/a
946	1146

Pérdidas de calor por ventilación Q _{vent}	Q _{vent} kWh/a
1892	2292

Pérdidas totales de calor Q_p

Factor de reducción ver hoja de cálculo (verificación/coeficiente parietario)	Superficie m ²	Radiación global kWh/a
0,20	5,0	60
0,14	21,9	322
0,37	42,9	4056
0,25	28,8	483
0,00	0,0	584
Total superficies opacas		1098

Ganancias de calor por radiación solar Q_g

Factor de reducción ver hoja de cálculo (verificación/coeficiente parietario)	Superficie m ²	Radiación global kWh/a
0,20	5,0	60
0,14	21,9	322
0,37	42,9	4056
0,25	28,8	483
0,00	0,0	584
Total superficies opacas		1098

Ganancias internas de calor Q_i

Duración periodo calefacción	Potencia esp. q _i W/m ²	A _{int} m ²	Q _i kWh/a
0,024	181	2,2	3671

Ganancias de calor Q_g

Color disponible Q _{g,dispon}	Q _g + Q _i kWh/a
10653	10653

Relación entre el calor disponible y las pérdidas de Q _{g,dispon} / Q _p	Q _{g,dispon} / Q _p
0,94	0,94

Aprovechamiento efectivo del calor Q _{g,ef}	Q _{g,ef} kWh/a
87%	9009

Ganancias de calor Q _g	Q _g kWh/a
9009	9009

Demanda de calefacción Q_{d,cal}

Valor máx. permitido	Q _{d,cal} kWh/a
15	1976

¿Requerimiento cumplido?	SI
--------------------------	----

TERMOARCILLA



Demanda de calefacción: comparación
Método mensual (Calefacción) 1976 kWh/a
Método anual (Calefacción anual) 2978 kWh/a

Pérdidas, ganancias específicas [kWh/(m²month)]
Total de ganancias específicas solares+internas: 5,2 kWh/(m²a)
Total de pérdidas específicas: 7,9 kWh/(m²a)

TERMOARCILLA

HORMIGÓN CELULAR

Carga de calefacción

Casa Pasiva con PHPP Versión 9.3

Casa Ibiza / Clima: Palma de Mallorca / SRE: 379 m² / Calefacción: 5,2 kWh/(m²a) / Refrigeración: 16,4 kWh/(m²a) / PER: 26,4 kWh/(m²a)

Temperatura interior:	20	°C					
Tipo de edificio:							
Superficie de referencia energética A _{SRE} :	378,6	m²					
Temperatura de cálculo							
Radiación:	Norte	Este	Sur	Oeste	Horizontal	W/m²	
Situación meteorológica 1:	6,1	°C	22	55	155	60	94
Situación meteorológica 2:	10,7	°C	15	25	40	20	40
Temp. del terreno considerada	17,2	°C					

Elemento constructivo	Zona de temperatura	Superficie m²	Valor-U W/(m²K)	Factor Siempre 1 (excepto "X")	Dif. de temperatura 1 K	Dif. de temperatura 2 K	P _T 1 W	P _T 2 W
Muro ext. - aire ext.	A	332,7	0,184	1,00	13,9	9,3	850	569
Muro ext. - terreno	B	122,4	0,253	1,00	2,8	2,8	88	88
Techo / cubierta - Aire ext.	A	186,0	0,293	1,00	13,9	9,3	757	506
Solera / losa piso / forjado sanitario	B	181,7	1,346	1,00	2,8	2,8	693	693
Ventanas	A	98,6	1,285	1,00	13,9	9,3	1758	1176
Puertas exteriores	A			1,00	13,9	9,3		
Puentes térmicos exteriores (longitud en m)	A			1,00	13,9	9,3		
Puentes térmicos perímetro (longitud en m)	P			1,00	2,8	2,8		
Puentes térmicos piso (longitud en m)	B			1,00	2,8	2,8		
Muro divisorio entre viviendas	I			1,00	3,0	3,0		
Total							4146	3031

Carga de calor por transmisión P_T

Sistema de ventilación:

Caudal de aire efectivo V_v = $\frac{A_{SRE}}{2,50} = 946$ m³

η_{HR} = 81% eficiencia del ITA = 0% eficiencia del ITA = 0%

η_{ITA-1} = 0% η_{ITA-2} = 0%

η_{vent} = 0,141 + 0,295 * (1 - 0,81) = 0,196

Carga de calor ventilación P_{Vent}

V _v m³	η _v 1/h	η _v 1/h	c _{par} Wh/(m²K)	Dif. de temperatura 1 K	Dif. de temperatura 2 K	P _P 1 W	P _P 2 W
946,5	0,196	0,196	0,33	13,9	9,3	851	569

Total de cargas de calor P_P

P_T + P_{Vent} = **4997** W **3600** W

Orientación de la superficie	Superficie m²	Valor g (Radiación perpendicular/Compare hoja 'Ventanas')	Factor de reducción	Radiación 1 W/m²	Radiación 2 W/m²	P _T 1 W	P _T 2 W
Norte	5,0	0,6	0,20	24	14	15	9
Este	21,9	0,4	0,14	33	21	42	26
Sur	42,9	0,4	0,37	143	39	906	248
Oeste	28,8	0,4	0,25	92	26	269	76
Horizontal	0,0	0,0	0,40	94	40	0	0
Total						1232	359

Cargas térmicas solares P_S

Potencia específica W/m² = 1,7 A_{SRE} m² = 379

P_I 1 W = 656 P_I 2 W = 656

P_G 1 W = 1887 P_G 2 W = 1015

P_{Acum} + P_I = **1887** W **1015** W

P_P - P_G = 3110 W 2585 W

Carga de calefacción P_{Cal} = **3110** W

Carga de calefacción específica PH / A_{TFA} = **8,2** W/m²

Introducción temp. máx. aire impulsión = 52 °C 17,4 °C 18,2 °C

Temp. máx. aire impulsión θ_{admis,máx} = 52 °C Temp. del aire de impulsión sin aporte de calor a θ_{admis,min} = 17,4 °C 18,2 °C

Para comparar: carga máx. de calor transportable a través del aire impulsión P_{Inputs,Max} = **3190** W específico: 8,4 W/m²

¿Calefactable a través del aire de impulsión? **Sí**

Carga de calefacción

Casa Pasiva con PHPP Versión 9.3

Casa Ibiza / Clima: Palma de Mallorca / SRE: 379 m² / Calefacción: 4 kWh/(m²a) / Refrigeración: 15,9 kWh/(m²a) / PER: 25,7 kWh/(m²a)

Temperatura interior:	20	°C					
Tipo de edificio:							
Superficie de referencia energética A _{SRE} :	378,6	m²					
Temperatura de cálculo							
Radiación:	Norte	Este	Sur	Oeste	Horizontal	W/m²	
Situación meteorológica 1:	6,1	°C	22	55	155	60	94
Situación meteorológica 2:	10,7	°C	15	25	40	20	40
Temp. del terreno considerada	17,2	°C					

Elemento constructivo	Zona de temperatura	Superficie m²	Valor-U W/(m²K)	Factor Siempre 1 (excepto "X")	Dif. de temperatura 1 K	Dif. de temperatura 2 K	P _T 1 W	P _T 2 W
Muro ext. - aire ext.	A	332,7	0,161	1,00	13,9	9,3	743	497
Muro ext. - terreno	B	122,4	0,253	1,00	2,8	2,8	88	88
Techo / cubierta - Aire ext.	A	186,0	0,203	1,00	13,9	9,3	523	350
Solera / losa piso / forjado sanitario	B	181,7	1,346	1,00	2,8	2,8	693	693
Ventanas	A	98,6	1,285	1,00	13,9	9,3	1758	1176
Puertas exteriores	A			1,00	13,9	9,3		
Puentes térmicos exteriores (longitud en m)	A			1,00	13,9	9,3		
Puentes térmicos perímetro (longitud en m)	P			1,00	2,8	2,8		
Puentes térmicos piso (longitud en m)	B			1,00	2,8	2,8		
Muro divisorio entre viviendas	I			1,00	3,0	3,0		
Total							3805	2803

Carga de calor por transmisión P_T

Sistema de ventilación:

Caudal de aire efectivo V_v = $\frac{A_{SRE}}{2,50} = 946$ m³

η_{HR} = 81% eficiencia del ITA = 0% eficiencia del ITA = 0%

η_{ITA-1} = 0% η_{ITA-2} = 0%

η_{vent} = 0,141 + 0,295 * (1 - 0,81) = 0,196

Carga de calor ventilación P_{Vent}

V _v m³	η _v 1/h	η _v 1/h	c _{par} Wh/(m²K)	Dif. de temperatura 1 K	Dif. de temperatura 2 K	P _P 1 W	P _P 2 W
946,5	0,196	0,196	0,33	13,9	9,3	851	569

Total de cargas de calor P_P

P_T + P_{Vent} = **4656** W **3372** W

Orientación de la superficie	Superficie m²	Valor g (Radiación perpendicular/Compare hoja 'Ventanas')	Factor de reducción	Radiación 1 W/m²	Radiación 2 W/m²	P _T 1 W	P _T 2 W
Norte	5,0	0,6	0,20	24	14	15	9
Este	21,9	0,4	0,14	33	21	42	26
Sur	42,9	0,4	0,37	143	39	906	248
Oeste	28,8	0,4	0,25	92	26	269	76
Horizontal	0,0	0,0	0,40	94	40	0	0
Total						1232	359

Cargas térmicas solares P_S

Potencia específica W/m² = 1,7 A_{SRE} m² = 379

P_I 1 W = 656 P_I 2 W = 656

P_G 1 W = 1887 P_G 2 W = 1015

P_{Acum} + P_I = **1887** W **1015** W

P_P - P_G = 2769 W 2357 W

Carga de calefacción P_{Cal} = **2769** W

Carga de calefacción específica PH / A_{TFA} = **7,3** W/m²

Introducción temp. máx. aire impulsión = 52 °C 17,4 °C 18,2 °C

Temp. máx. aire impulsión θ_{admis,máx} = 52 °C Temp. del aire de impulsión sin aporte de calor a θ_{admis,min} = 17,4 °C 18,2 °C

Para comparar: carga máx. de calor transportable a través del aire impulsión P_{Inputs,Max} = **3190** W específico: 8,4 W/m²

¿Calefactable a través del aire de impulsión? **Sí**

ENTRAMADO LIGER DE MADERA

TERMOARCILLA

Refrigeración: Demanda específica refrigeración útil Casa Pasiva con PHPP Versión 9.3

Casa Ibiza / Clima: Palma de Mallorca / SRE: 379 m² / Calefacción: 4,7 kWh/(m²a) / Refrigeración: 15,5 kWh/(m²a) / PER: 25,2 kWh/(m²a)

En esta hoja se muestran los totales para el periodo de refrigeración del método mensual

Tipo de edificio:		Superficie de referencia energética A _{SRE} :	378,6	m²
Temperatura interior verano:	25	°C	Volumen del edificio:	946
Humedad nominal:	12	g/kg	Fuentes internas de humedad:	1,6
Capacidad específica:	108	Wh/(m³K)		

Elemento constructivo	Zona de temperatura	Superficie m²	Valor-U W/(m²K)	Factor de reducción mensual	G _i kWh/a	Por m² de SRE kWh/a	
Muro ext. - aire ext.	A	332,7	0,217	1,00	39	2814	
Muro ext. - terreno	B	122,4	0,253	1,00	25	762	
Techo / cubierta - Aire ext.	A	186,0	0,174	1,00	39	1262	
Solera / losa piso / forjado sanitario	B	181,7	1,346	1,00	25	6022	
Ventanas	A	98,6	1,285	1,00	39	4934	
Puertas exteriores (longitud en m)	A			1,00		0,00	
Puentes térmicos perímetro (longitud en m)	P			1,00		0,00	
Puentes térmicos piso (longitud en m)	B			1,00		0,00	
Total						15795	41,7

Pérdidas de calor por transmisión Q_T (negativo= cargas de calor) Total 15795 kWh/a, 41,7 kWh/(m²a)

Ventilación verano De hoja 'Ventilación-V'

Valores conductancia ap. de ventilación	Parámetros de la ventilación	Regulación de la ventilación en verano
Exterior H _{v,e} : 26,6 W/K	Fluctuación diaria de la temperatura en verano: 7,4 K	Ninguno
sin RC: 92,1 W/K	Temperatura interior mínima permitida: 22,0 °C	Regulable según temp.:
Terreno HV,g: 0,0 W/K	Capacidad térmica aire: 0,33 Wh/(m³K)	Regulable según entalpía:
sin RC: 0,0 W/K	Renovación de aire de impulsión: 0,29 1/h	Siempre
Valor de referencia de la ventilación, otros	Intercambios de aire exterior: 0,36 1/h	Ventilación adicional:
Exterior: 111,3 W/K	Renov. aire p/ ventilación noct. ventanas, manual @ 1K: 0,00 1/h	Regulable según temp.:
	Renovación aire ventilación mecánica controlada: 0,00 1/h	Regulable según humedad:
	Consumo energético específico para: 0,00 Wh/m³	
	η _{HR} : 71%	
	η _{ERV} : 0%	
	η _{ITA} : 0%	

Renovación higiénica del aire	η _{V,sist} 1/h	η _{V,ITA}	η _{V,HR} (Consideración de bypass)	η _{V,Rest} 1/h	η _{V,equiv,frac} 1/h
Renovación de aire efectiva exterior n _{ventilación,efectiva}	0,295	0%	0,12	0,356	0,615
Renovación de aire efectiva terreno n _{ventilación,terreno}	0,295	0%	0,12	0	0,000

Pérdidas ventilación, ext. Q_{Vent,e}	V _v m³	η _{V,equiv,frac} 1/h	C _{aire} Wh/(m³K)	G _i kWh/a	Por m² de SRE kWh/a
Pérdidas ventilación, terreno Q _{Vent,ter}	946	0,615	0,33	38	7259
Pérdidas ventilación adicional verano	946	0,000	0,33	0	0
Total	946	0,000	0,33	0	0,0

Pérdidas de calor ventilación Q_{Vent} Total 7259 kWh/a, 19,2 kWh/(m²a)

Pérdidas totales de calor Q_P Q_T 15795 kWh/a + Q_V 7259 kWh/a = 23054 kWh/a, 60,9 kWh/(m²a)

Orientación de la superficie	Factor de reducción	Valor g (Radiación perpendicular)	Superficie m²	Radiación global kWh/(m²a)	Ganancias kWh/a
Norte	0,12	0,40	5,0	389	91
Este	0,10	0,40	21,9	692	578
Sur	0,19	0,40	42,9	975	3107
Oeste	0,16	0,40	28,8	946	1738
Horizontal	0,40	0,00	0,0	1460	0
Total superficies opacas					1926
Total					7440

Ganancias de calor por radiación solar Q_S Total 7440 kWh/a, 19,7 kWh/(m²a)

Ganancias internas de calor Q_I Duración del periodo de refrigeración: 0,024 kh/d, Intensidad específica q_i: 2,2 W/m², A_{SRE}: 378,6 m², Q_I: 5577 kWh/a, 14,7 kWh/(m²a)

Total de cargas de calor Q_{disp} Q_S + Q_I = 13017 kWh/a, 34,4 kWh/(m²a)

Relación entre pérdidas y calor disponible	Q _P / Q _{disp} =	1,77
Aprovechamiento efectivo de las pérdidas de calor η _{aprov}		42%
Pérdidas de calor aprovechables Q_{P,aprov}	η _G * Q _P =	9624 kWh/a, 25,4 kWh/(m²a)
Demanda de refrigeración Q_{REF}	Q _G - Q _{P,aprov} =	3393 kWh/a, 9 kWh/(m²a)
Valor máx. recomendado		15 kWh/(m²a)
¿Requerimiento cumplido?		Sí

Refrigeración: Demanda específica refrigeración útil Casa Pasiva con PHPP Versión 9.3

Casa Ibiza / Clima: Palma de Mallorca / SRE: 379 m² / Calefacción: 5,2 kWh/(m²a) / Refrigeración: 16,4 kWh/(m²a) / PER: 26,4 kWh/(m²a)

En esta hoja se muestran los totales para el periodo de refrigeración del método mensual

Tipo de edificio:		Superficie de referencia energética A _{SRE} :	378,6	m²
Temperatura interior verano:	25	°C	Volumen del edificio:	946
Humedad nominal:	12	g/kg	Fuentes internas de humedad:	1,6
Capacidad específica:	108	Wh/(m³K)		

Elemento constructivo	Zona de temperatura	Superficie m²	Valor-U W/(m²K)	Factor de reducción mensual	G _i kWh/a	Por m² de SRE kWh/a	
Muro ext. - aire ext.	A	332,7	0,184	1,00	40	2426	
Muro ext. - terreno	B	122,4	0,253	1,00	25	762	
Techo / cubierta - Aire ext.	A	186,0	0,293	1,00	40	2160	
Solera / losa piso / forjado sanitario	B	181,7	1,346	1,00	25	6022	
Ventanas	A	98,6	1,285	1,00	40	5017	
Puertas exteriores (longitud en m)	A			1,00		0,00	
Puentes térmicos perímetro (longitud en m)	P			1,00		0,00	
Puentes térmicos piso (longitud en m)	B			1,00		0,00	
Total						16387	43,3

Pérdidas de calor por transmisión Q_T (negativo= cargas de calor) Total 16387 kWh/a, 43,3 kWh/(m²a)

Ventilación verano De hoja 'Ventilación-V'

Valores conductancia ap. de ventilación	Parámetros de la ventilación	Regulación de la ventilación en verano
Exterior H _{v,e} : 26,6 W/K	Fluctuación diaria de la temperatura en verano: 7,4 K	Ninguno
sin RC: 92,1 W/K	Temperatura interior mínima permitida: 22,0 °C	Regulable según temp.:
Terreno HV,g: 0,0 W/K	Capacidad térmica aire: 0,33 Wh/(m³K)	Regulable según entalpía:
sin RC: 0,0 W/K	Renovación de aire de impulsión: 0,29 1/h	Siempre
Valor de referencia de la ventilación, otros	Intercambios de aire exterior: 0,36 1/h	Ventilación adicional:
Exterior: 111,3 W/K	Renov. aire p/ ventilación noct. ventanas, manual @ 1K: 0,00 1/h	Regulable según temp.:
	Renovación aire ventilación mecánica controlada: 0,00 1/h	Regulable según humedad:
	Consumo energético específico para: 0,00 Wh/m³	
	η _{HR} : 71%	
	η _{ERV} : 0%	
	η _{ITA} : 0%	

Renovación higiénica del aire	η _{V,sist} 1/h	η _{V,ITA}	η _{V,HR} (Consideración de bypass)	η _{V,Rest} 1/h	η _{V,equiv,frac} 1/h
Renovación de aire efectiva exterior n _{ventilación,efectiva}	0,295	0%	0,12	0,356	0,615
Renovación de aire efectiva terreno n _{ventilación,terreno}	0,295	0%	0,12	0	0,000

Pérdidas ventilación, ext. Q_{Vent,e}	V _v m³	η _{V,equiv,frac} 1/h	C _{aire} Wh/(m³K)	G _i kWh/a	Por m² de SRE kWh/a
Pérdidas ventilación, terreno Q _{Vent,ter}	946	0,615	0,33	38	7259
Pérdidas ventilación adicional verano	946	0,000	0,33	0	0
Total	946	0,000	0,33	0	0,0

Pérdidas de calor ventilación Q_{Vent} Total 7259 kWh/a, 19,2 kWh/(m²a)

Pérdidas totales de calor Q_P Q_T 16387 kWh/a + Q_V 7259 kWh/a = 23647 kWh/a, 62,5 kWh/(m²a)

Orientación de la superficie	Factor de reducción	Valor g (Radiación perpendicular)	Superficie m²	Radiación global kWh/(m²a)	Ganancias kWh/a
Norte	0,24	0,62	5,0	389	298
Este	0,10	0,40	21,9	692	578
Sur	0,19	0,40	42,9	975	3107
Oeste	0,16	0,40	28,8	946	1738
Horizontal	0,40	0,00	0,0	1460	0
Total superficies opacas					2622
Total					8342

Ganancias de calor por radiación solar Q_S Total 8342 kWh/a, 22,0 kWh/(m²a)

Ganancias internas de calor Q_I Duración del periodo de refrigeración: 0,024 kh/d, Intensidad específica q_i: 2,2 W/m², A_{SRE}: 378,6 m², Q_I: 5577 kWh/a, 14,7 kWh/(m²a)

Total de cargas de calor Q_{disp} Q_S + Q_I = 13919 kWh/a, 36,8 kWh/(m²a)

Relación entre pérdidas y calor disponible	Q _P / Q _{disp} =	1,70
Aprovechamiento efectivo de las pérdidas de calor η _{aprov}		43%
Pérdidas de calor aprovechables Q_{P,aprov}	η _G * Q _P =	10182 kWh/a, 26,9 kWh/(m²a)
Demanda de refrigeración Q_{REF}	Q _G - Q _{P,aprov} =	3738 kWh/a, 10 kWh/(m²a)
Valor máx. recomendado		15 kWh/(m²a)
¿Requerimiento cumplido?		Sí

HORMIGÓN CELULAR

Refrigeración: Demanda específica refrigeración útil

Casa Pasiva con PHPP Versión 9.3

Casa Ibiza / Clima: Palma de Mallorca / SRE: 379 m² / Calefacción: 4 kWh/(m²a) / Refrigeración: 15,9 kWh/(m²a) / PER: 25,7 kWh/(m²a)

En esta hoja se muestran los totales para el periodo de refrigeración del método mensual

Tipo de edificio:		Superficie de referencia energética A _{SRE} :	378,6	m²
Temperatura interior verano:	25	°C	Volumen del edificio:	946
Humedad nominal:	12	g/kg	Fuentes internas de humedad:	1,6
Capacidad específica:	108	Wh/(m²K)		

Elemento constructivo	Zona de temperatura	Superficie m²	Valor-U W/(m²K)	Factor de reducción mensual	G _i kWh/a	Por m² de SRE
Muro ext. - aire ext.	A	332,7	0,161	1,00	39	5,51
Muro ext. - terreno	B	122,4	0,253	1,00	25	2,01
Techo / cubierta - Aire ext.	A	186,0	0,203	1,00	39	3,88
Solera / losa piso / forjado sanitario	B	181,7	1,346	1,00	25	15,91
	A			1,00		
	A			1,00		
	X			0,75		
Ventanas	A	98,6	1,285	1,00	39	13,04
Puerta exterior	A			1,00		
Puentes térmicos exteriores (longitud en m)	A			1,00		0,00
Puentes térmicos perímetro (longitud en m)	P			1,00		0,00
Puentes térmicos piso (longitud en m)	B			1,00		0,00

Pérdidas de calor por transmisión Q_T (negativo= cargas de calor)	Total	15273	40,3
--	-------	-------	------

Ventilación verano

Valores conductancia ap. de ventilación	Parámetros de la ventilación	Regulación de la ventilación en verano
exterior H _{v,e} : 26,6 W/K	Fluctuación diaria de la temperatura en verano: 7,4 K	RC/RH: Ninguno
sin RC: 92,1 W/K	Temperatura interior mínima permitida: 22,0 °C	Regulable según temp.: <input checked="" type="checkbox"/>
Terreno HV,g: 0,0 W/K	Capacidad térmica aire: 0,33 Wh/(m³K)	Regulable según entalpía: <input type="checkbox"/>
sin RC: 0,0 W/K	Renovación de aire de impulsión: 0,29 1/h	Siempre: <input type="checkbox"/>
Valor de referencia de la ventilación, otros	Intercambios de aire exterior: 0,36 1/h	Ventilación adicional: <input type="checkbox"/>
Exterior: 111,3 W/K	Renov. aire p/ ventilación noct. ventanas, manual @ 1K: 0,00 1/h	Regulable según temp.: <input type="checkbox"/>
	Renovación aire ventilación mecánica controlada: 0,00 1/h	Regulable según humedad: <input checked="" type="checkbox"/>
	Consumo energético específico para: 0,00 Wh/m³	
	η _{HR} : 71%	
	η _{ERV} : 0%	
	η _{ITA} : 0%	

Renovación higiénica del aire

Renovación de aire efectiva exterior n _{ventilación,efectiva}	0,295	*(1 - 0%)	*(1 - 0,12)	+ 0,356	= 0,615
Renovación de aire efectiva terreno n _{ventilación,terreno}	0,295	* 0%	*(1 - 0,12)		= 0,000

Pérdidas ventilación, ext. Q_{Vent,e}	V _v m³	n _{v,efectiva} 1/h	C _{aire} Wh/(m³K)	G _i kWh/a	Por m² kWh/(m²a)
Pérdidas ventilación, terreno Q_{Vent,ter}	946	0,615	0,33	38	19,2
Pérdidas ventilación adicional verano	946	0,000	0,33	0	0,0
	946	0,000	0,33	0	0,0

Pérdidas de calor ventilación Q_{Vent}	Total	7259	19,2
---	-------	------	------

Pérdidas totales de calor Q_P	Q _T kWh/a	Q _V kWh/a	Total kWh/a	Por m² kWh/(m²a)
	15273	7259	22532	59,5

Orientación de la superficie	Factor de reducción	Valor g (Radiación perpendicular)	Superficie m²	Radiación global kWh/(m²a)	Ganancias kWh/a
Norte	0,24	0,62	5,0	389	298
Este	0,10	0,40	21,9	692	578
Sur	0,19	0,40	42,9	975	3107
Oeste	0,16	0,40	28,8	946	1738
Horizontal	0,40	0,00	0,0	1460	0
Total superficies opacas					1929

Ganancias de calor por radiación solar Q_S	Total	7649	20,2
---	-------	------	------

Ganancias internas de calor Q_I	Duración del periodo de refrigeración kh/d	Intensidad específica q _i W/m²	A _{SRE} m²	Ganancias kWh/a	Por m² kWh/(m²a)
	0,024	275	2,2	5577	14,7

Total de cargas de calor Q_{disip}	Q _S + Q _I kWh/a	Total kWh/a	Por m² kWh/(m²a)
		13226	34,9

Relación entre pérdidas y calor disponible	Q _P / Q _{disip} =	1,70
Aprovechamiento efectivo de las pérdidas de calor η _{prov}	=	43%
Pérdidas de calor aprovechables Q_{P,aprov}	η _{IG} * Q _P kWh/a	9688
Demanda de refrigeración Q_{REF}	Q _G - Q _{P,aprov} kWh/a	3538
Valor máx. recomendado	kWh/(m²a)	15
¿Requerimiento cumplido?	(Si/No)	Si

