Project Documentation
Documentación de Proyecto

1. Abstract / Resumen

SINGLE FAMILY HOUSE IN ENCAMP, ANDORRA

1.1. Data of building / Datos del edificio

Year of construction/ Año de construcción	2018	**Space heating/ Demanda calefacción**	**11 kWh/(m²a)**
U-value external wall/ Valor-U pared exterior	0,11 W/(m²K)		
U-value basement ceiling/ Valor-U solera	0,44 W/(m²K)	**Primary Energy Renewable (PER)/ Energía primaria removable (PER)**	48 kWh/(m²a)
U-value roof/ Valor-U cubierta	0,10 W/(m²K)	**Generation of renewable energy/ Generación energía renovable**	0 kWh/(m²a)
U-value window/ Valor-U ventana	0,80 W/(m²K)	**Non-renewable Primary Energy (PE)/ Energía primaria no renovable (PE)**	96 kWh/(m²a)
Heat recovery/ Rendimiento recuperación	79,6 %	Pressure test n_{50}/ Ensayo presión n_{50}	0,3 h^{-1}
Special features/ Soluciones especiaes	With heat pump to supply heat water to the ventilation system, with a Canadian well to preheat air supply. The silencers are insulated with sheep's wool, we have tried to prioritize the use of natural insulation. Con bomba de calor para suministrar agua caliente al sistema de ventilación, con un pozo canadiense para precalentar el suministro de aire. Los silenciadores están aislados con lana de oveja, hemos tratado de priorizar el uso de aislamiento natural.		

1.2. Brief Description of the Project

Passive House Babi Molne

The Passivhaus Xalet Babi Molné is an isolated detached house located in les Bons in Encamp, Andorra, at an altitude of 1290m. It is situated in an urbanized area in plots for single-family dwellings. The house was finished in 2018.

It's a compact construction. The south and north orientations of the facades are the longest and west and east the shortest. Solar uptake has been prioritized primarily in the south and south west orientations.

It's a construction of 4 floors: basement, ground floor, first floor and ground floor. The usable living space is 337.2 m2 plus a garage-storage volume that is outside the thermal envelope.

As ecological aspects to be highlighted, a Canadian well is used for ventilation that preheats the air supply. There is a heat pump to supply heat water to the ventilation system.

1.2. Descripción resumida del proyecto

Casa Pasiva Babi Molné

La ***Passivhaus Xalet Babi Molné*** es una vivienda unifamiliar aislada situada en les Bons en Encamp, Andorra, a una altitud de 1290m. Se sitúa en zona rural urbanizada en parcelas para unifamiliares. La construcción terminó en 2018.

Es una construcción compacta. Las orientaciones sur y norte de las fachadas son las más largas y oeste y este las más cortas. Se ha priorizado la captación solar fundamentalmente en las orientaciones sur y sur oeste.

Es una construcción de 4 plantas: planta sótano, planta baja, planta primera y planta bajo cubierta. La superficie útil habitables es de 337,2 m^2 más un volumen de garaje-trastero que esta fuera de la envolvente térmica.

Como aspectos ecológicos a destacar, para la ventilación se utiliza un pozo canadiense que precalienta el aire de aportación. Hay una bomba de calor para suministrar agua caliente al sistema de ventilación.

1.3. Responsible project participants / Participantes responsables del proyecto

Architect/ Arquitecto proyecto básico	Antoni Molné Sauquet
Implementation planning/ Arq. Proyecto ejecución	ENGINESA www.enginesa.com
Building systems/ Ingeniería instalaciones	ENGINESA www.enginesa.com
Structural engineering/ Cálculo estrcutura	
Building physics/ Físico de construcción	ENGINESA www.enginesa.com
Passive House project planning/ Proyectista Passivhaus	Jordi Llovera Massana Enginesa
Construction management/ Dirección de obra	ENGINESA www.enginesa.com

Certifying body/ Certificador edificio PH	Luis Fernandez Quiroga, Energiehaus SLP
Certification ID/ ID certificado edificio	Project-ID 6084 (www.passivehouse-database.org) Projekt-ID 6084 (www.passivehouse-database.org)
Author of project documentation/ Autor de la memoria	Jordi Llovera Massana
Date, Signature Fecha, Firma	Andorra la Vella, 22 de mayo, 2019

1.4. Descripción de la planificación de la Passivhaus

Las siguientes tareas fueron realizadas por la persona nombrada en la portada como planificador, Jordi Llovera Massana, como parte de la implementación del proyecto.

- La gestión de proyectos
- El proceso de diseño
- La planificación de la Casa Pasiva
- La coordinación de las reuniones de planificación
- Definición de la envolvente térmica y hermética
- La planificación de puentes térmicos optimizados
- Los detalles de ejecución relevantes para la casa pasiva (instalación de las ventanas, adherencia a la capa hermética, control de materiales aislantes usados y cintas adhesivas, ejecución del aislamiento, ejecución de la prueba “Blower Door”, etc)
- Participación en reuniones de obra como dirección de obra para garantizar la calidad del estándar de la casa pasiva

Passive House Verification

Building:	Xalet Babi		
Street:	Roc de la Coma		
Postcode/City:	AD200	Les Bons	
Province/Country:	Andorra		AD-Andorra
Building type:	Detached House		
Climate data set:	AD0001a-Andorra de la Vella		
Climate zone:	4: Warm-temperate	Altitude of location:	1290 m
Home owner / Client:	Josep Babi		
Street:	Roc de la Coma		
Postcode/City:	AD200	Les Bons	
Province/Country:	Andorra		AD-Andorra

Architecture:	Antoni Molné Sauquet arquitecte		
Street:	Av. Dr. Mitjavila, 5 5b		
Postcode/City:	AD500	Andorra la Vella	
Province/Country:	Andorra		AD-Andorra
Energy consultancy:	Jordi Llovera Massana		
Street:	Av. Meritxell, 30 P.B		
Postcode/City:	AD500	Andorra la Vella	
Province/Country:	Andorra		AD-Andorra
Mechanical engineer:	ENGINESA		
Street:	Av. Meritxell, 30 PB		
Postcode/City:	AD500	Andorra la Vella	
Province/Country:	Andorra		AD-Andorra
Certification:	Energiehaus SLP		
Street:	Ramón Turró, 100		
Postcode/City:	08005	Barcelona	
Province/Country:	Barcelona		AD-Andorra

Year of construction:	2016	Interior temperature winter [°C]:	20,0	Interior temp. summer [°C]:	25,0
No. of dwelling units:	1	Internal heat gains (IHG) heating case [W/m²]:	2,2	IHG cooling case [W/m²]:	2,2
No. of occupants:	5,0	Specific capacity [Wh/K per m² TFA]:	132	Mechanical cooling:	

Specific building characteristics with reference to the treated floor area

				Criteria	Alternative criteria	Fullfilled?[2]
	Treated floor area m²	337,2				
Space heating	Heating demand kWh/(m²a)	10,5	≤	15	-	yes
	Heating load W/m²	11,0	≤	-	10	
Space cooling	Cooling & dehum. demand kWh/(m²a)	-	≤	-	-	-
	Cooling load W/m²	-	≤	-	-	
	Frequency of overheating (> 25 °C) %	0,0	≤	10		yes
	Frequency of excessively high humidity (> 12 g/kg) %	0,3	≤	20		yes
Airtightness	Pressurization test result n_{50} 1/h	0,3	≤	0,6		yes
Non-renewable Primary Energy (PE)	PE demand kWh/(m²a)	96,4	≤	120		yes
Primary Energy Renewable (PER)	PER demand kWh/(m²a)	48,0	≤	-	-	-
	Generation of renewable energy (in relation to pro- jected building footprint area) kWh/(m²a)	-	≥	-	-	

[2] Empty field: Data missing; '-': No requirement

I confirm that the values given herein have been determined following the PHPP methodology and based on the characteristic values of the building. The PHPP calculations are attached to this verification.

Passive House Classic? yes

Task:	First name:	Surname:	Signature:
2-Certifier	Luis	Fernandez Quiroga	

Certificate ID	Issued on:	City:
	11/12/18	Barcelona

Certificado

Casa Pasiva certificada Classic

ENERGIEHAUS
EDIFICIOS PASIVOS

Autorizado por:

Passive House Institute
Dr. Wolfgang Feist
64283 Darmstadt
Alemania

Xalet Babi Molné
Roc de la Coma, AD200 Les Bons, Principat d'Andorra

Casa Pasiva
certificada
Passive House Institute
| classic | plus | premium |

Cliente	Josep Babi Roc de la Coma AD200 Les Bons, Andorra
Arquitecto	Antoni Molné Sauquet arquitecte Av. Dr. Mitjavila, 5 5b AD500 Andorra la Vella, Andorra
Instalaciones	ENGINESA Av. Meritxell, 30 PB AD500 Andorra la Vella, Andorra
Consultor energético	Jordi Llovera Massana Av. Meritxell, 30 P.B AD500 Andorra la Vella, Andorra

Los edificios Casa Pasiva ofrecen un excelente confort térmico y una muy buena calidad del aire durante todo el año. Debido a su alta eficiencia energética, los costos de energía, así como las emisiones de gases de efecto invernadero son extremadamente bajas.

El diseño del edificio antes mencionado cumple con los criterios definidos por el Passive House Institute para el estándar 'Casa Pasiva Classic':

Calidad del edificio		Este edificio		Criterios	Criterios alternativos
Calefacción					
Demanda de calefacción	[kWh/(m²a)]	11	≤	15	-
Carga de calefacción	[W/m²]	11	≤	-	10
Refrigeración					
Frecuencia sobrecalentam. (> 25 °C)	[%]	0	≤	10	
Hermeticidad					
Resultado ensayo presión (n_{50})	[1/h]	0,3	≤	0,6	
Energía Primaria no renovable (EP)					
Demanda EP	[kWh/(m²a)]	96	≤	120	

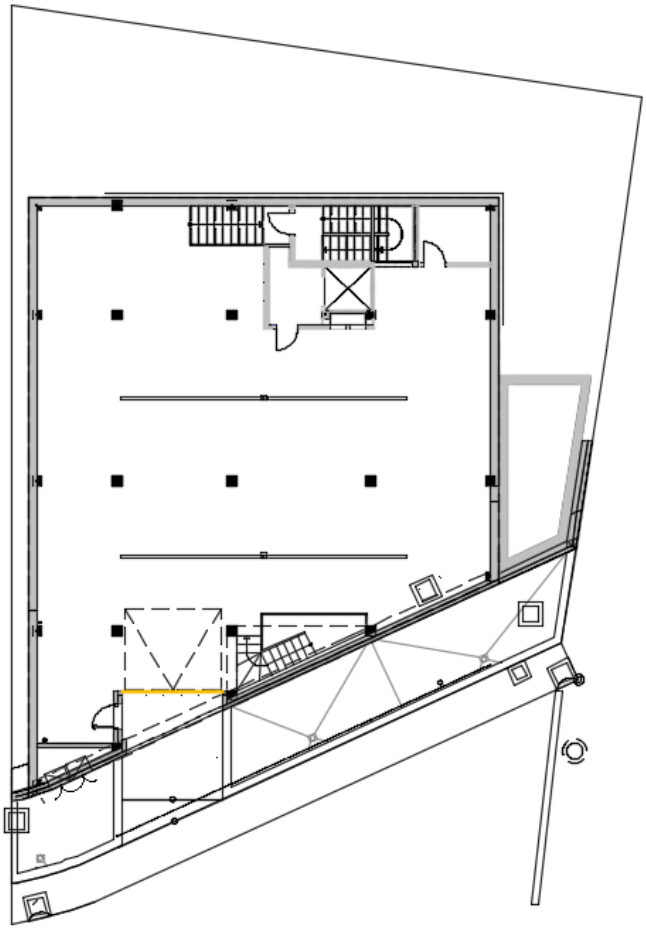
El informe asociado de la certificación contiene más valores característicos para este edificio.

Barcelona, 17 de diciembre de 2018

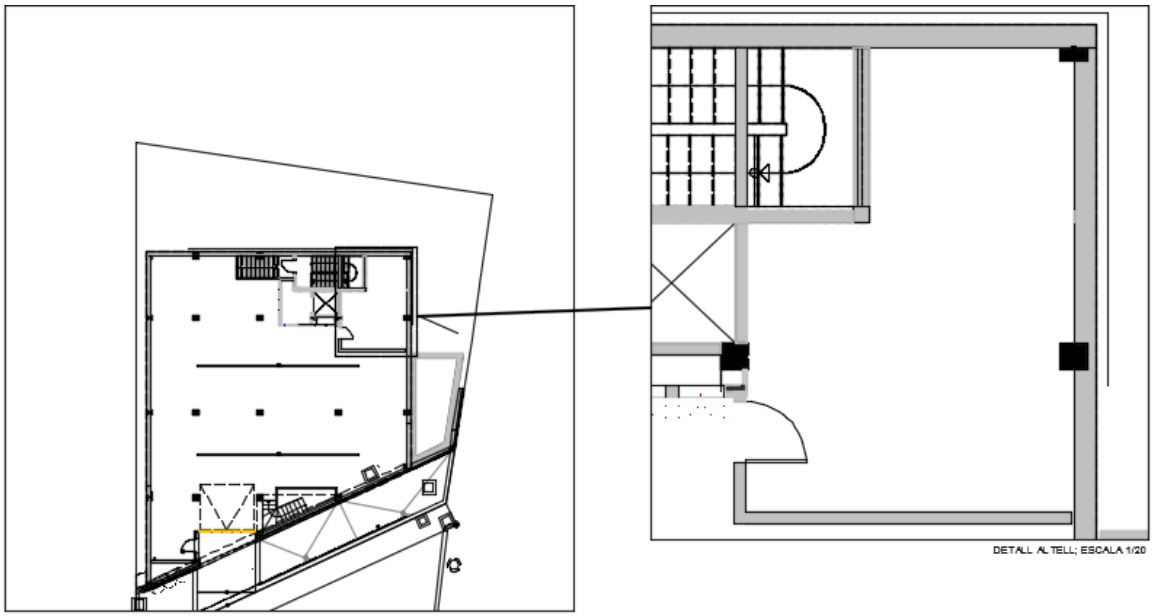
Certificador: Luis Fernandez Quiroga, Energiehaus SLP

Propiedad de Passivhaus Institute.
Prohibida la reproducción total o parcial.

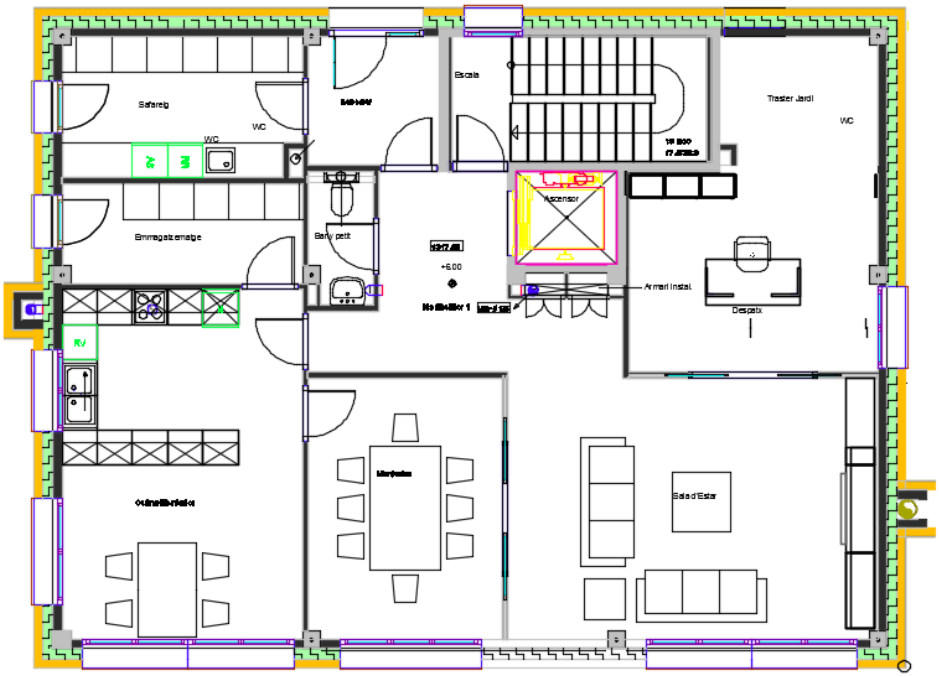
PLANTA SÓTANO



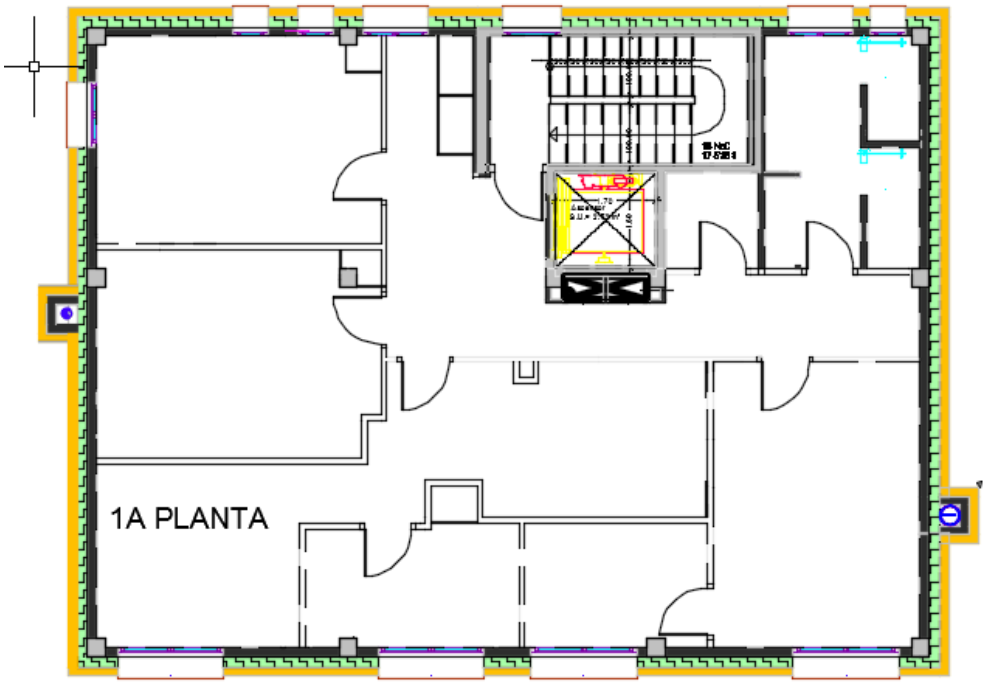
PLANTA ALTILLO



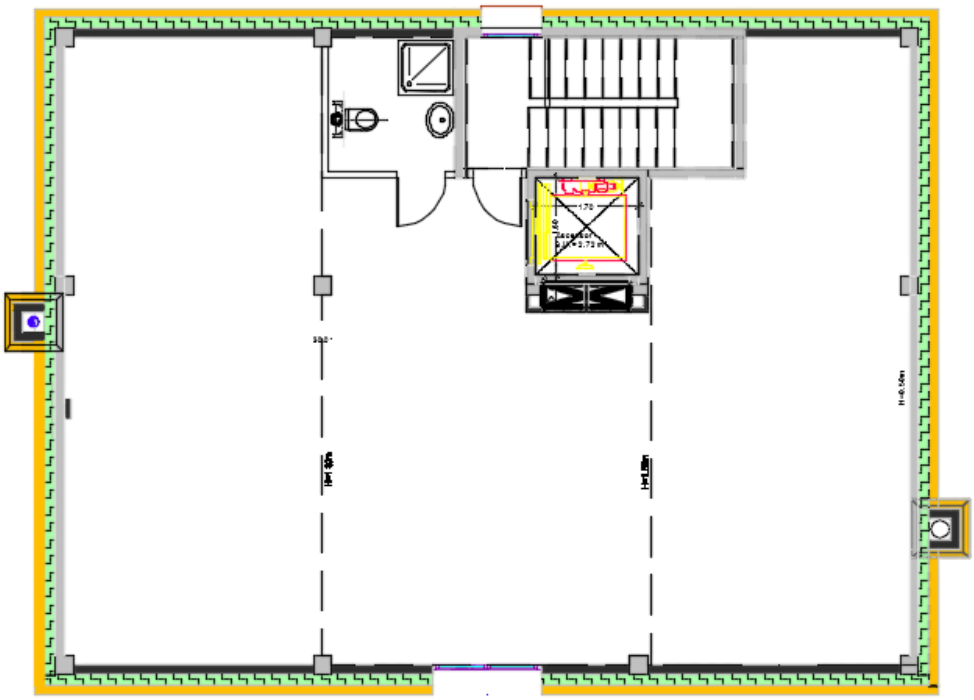
PLANTA BAJA



PLANTA PRIMERA



PLANTA BAJO CUBIERTA



2. Vistas de la casa pasiva en Encamp (ANDORRA)

VISTA SUROESTE. Fachada principal y lateral de la casa, entrada por el garaje (volumen independiente de la envolvente térmica) o por la puerta en fachada trasera. Grandes ventanales en el salón y en la cocina con salidas al jardín.

VISTA SUR. Fachada principal de la casa, entrada por el garaje (volumen independiente de la envolvente térmica).

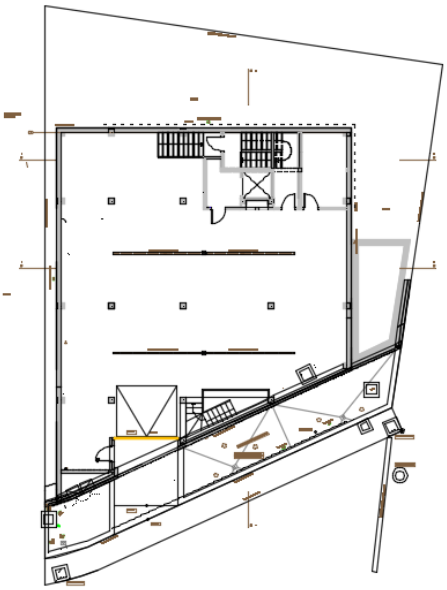
VISTA SURESTE. Fachada principal y segunda fachada lateral.

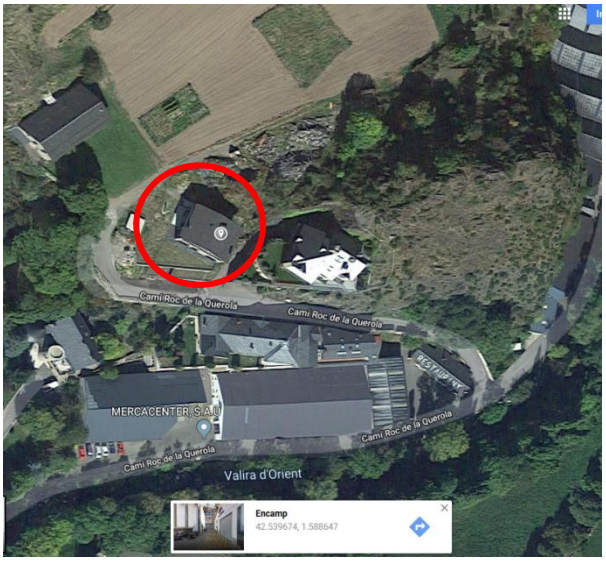
3. Situación y parcela

La casa se sitúa en un pueblo llamado Les Bons e la parroquia de Encamp (ANDORRA). Está a una altitud de 1290m sobre el mar.

Está situada en el Carrer Roc de la Coma. Es una zona urbanizada de uso de unifamiliares aislada. La parcela tienes unos 585 m^2.

Tiene un frente hacia la calle, orientación suroeste, donde se realiza el acceso rodado y peatonal, y donde encontramos la entrada al garaje. El resto de los lados lindan con diferentes parcelas del mismo uso.





Xalet Babi Molné. Urbanización parcela y situación

4. Descripción del edificio

4.1. Concepto de diseño urbano y estructura de edificio

La situación de la casa dentro de la parcela lo marcan la orientación y la geometría de la parcela.

La casa tiene una forma rectangular haciendo coincidir con la fachada más larga expuesta al sur. De esta forma las dos fachadas captadoras son la que da cara a la calle y la fachada a oeste.

4.2. Programa

La casa se divide en cuatro plantas: la planta sótano, la planta baja, la planta primera y la planta bajo cubierta.

- La planta sótano consta de un garaje, el cual no forma parte de la envolvente térmica de la casa.
- La planta baja consta de cocina, salón-comedor, baño, distribuidor y escalera.
- La planta primera consta de dormitorios, aseos, distribuidor y escalera.
- La planta bajo cubierta consta de un dormitorio doble, aseo, distribuidor y escalera.

5. Sistema de construcción

5.1. Estructura

La estructura del chalet se ha hecho mediante forjados y pilares estructurales de hormigón.

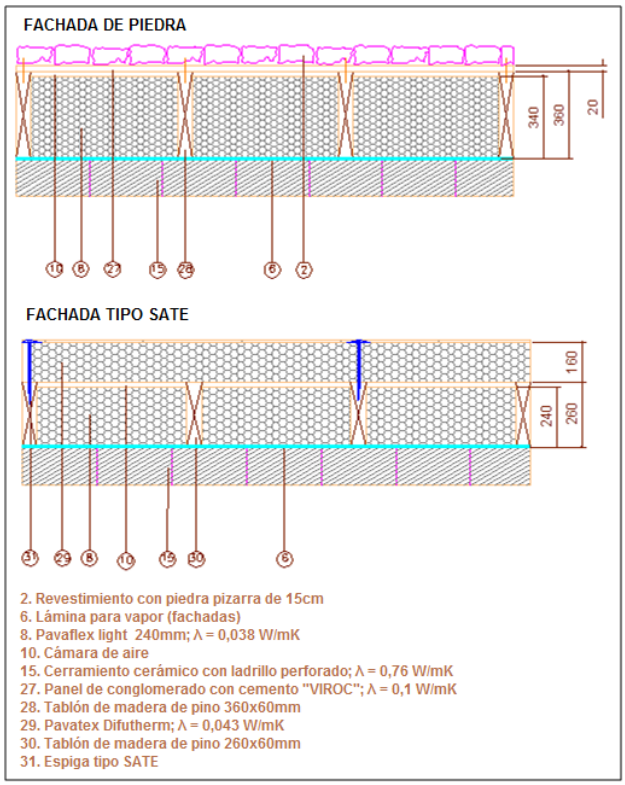
Xalet Babi Molné. Fotos estructura

5.2. Muros

El chalet está construido principalmente por muros de cerámica con ladrillo agujereado.

Existen dos tipologías de fachadas: con revestimiento exterior de piedra y con acabado tipo SATE. La tipología de piedra cubre el 50% de las fachadas Este y Oeste y toda la fachada Sur. La facha tipo SATE cubre el otro 50% superior de las fachadas Este y Oeste y la fachada Norte. El aislamiento utilizado en los muros exteriores es de fibra de madera y en los muros subterráneos poliestireno extruido.

Xalet Babi Molné. Muros de cerámica



Xalet Babi Molné. Secciones de detalle de las fachadas

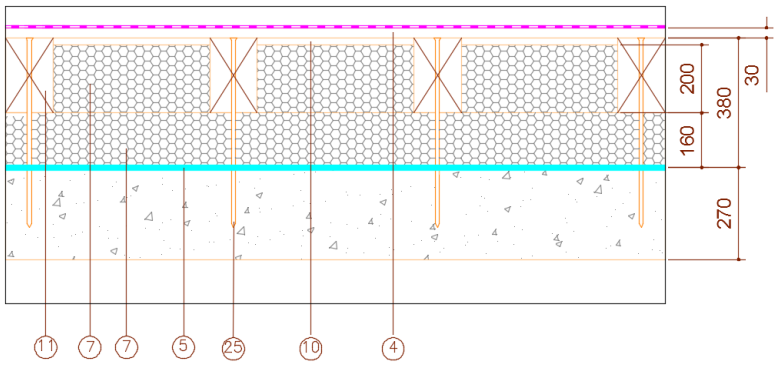
El mayor reto ha sido poner la piedra en la fachada al estilo antiguo, porque la piedra va separada de las paredes de ladrillo por el importante grosor del aislamiento. Para asegurar la estabilidad de esta piedra, se han puesto unos redondos de hierro corrugado anclados en los ladrillos y atravesando el aislamiento hasta la mitad del grosor de la piedra.

5.3. Cubierta

La cubierta se compone de dos pendientes de losa de pizarra. Se ha ejecutado el aislamiento mediante placas de poliestireno extruido encima del cual se han dispuesto tablones de madera para sostener el machihembrado de madera y las losas de pizarra.

Se han fijado los rastreles de madera a la estructura de hormigón armado mediante espárragos de acero galvanizado de 12 mm de diámetro.

Xalet Babi Molné. Cubierta



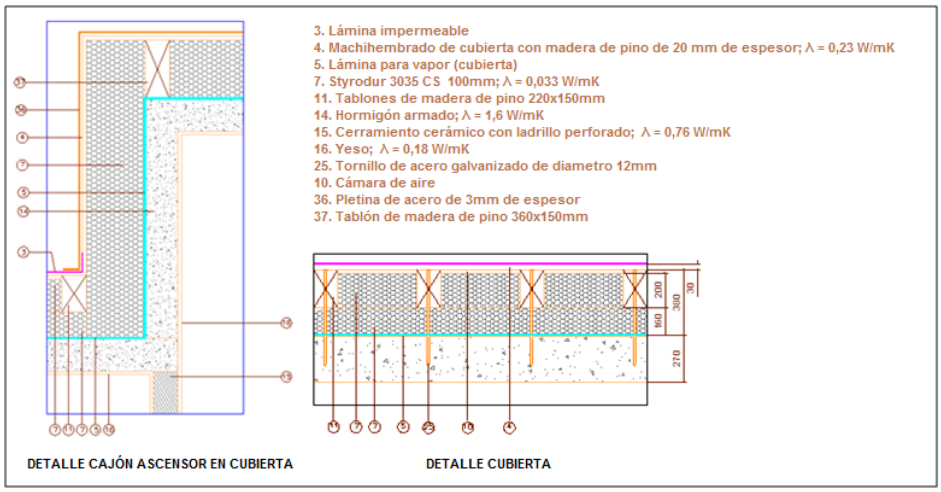
Xalet Babi Molné. Detalle en sección de la cubierta

Leyenda:

- 4: Machihembrado de cubierta con madera de pino de 20mm de espesor; λ=0,23 W/mK
- 5: Lámina para-vapor (cubierta)
- 7: XPS 3035 CS – 100mm; λ=0,033 W/mK
- 10: Cámara de aire
- 11: Tablones de madera de pino 220x150mm
- 25: Tornillo de acero galvanizado de diámetro 12m

La mayor dificultad ha sido fijar las vigas de madera colocadas encima del poliestireno extruido a la cubierta de hormigón.

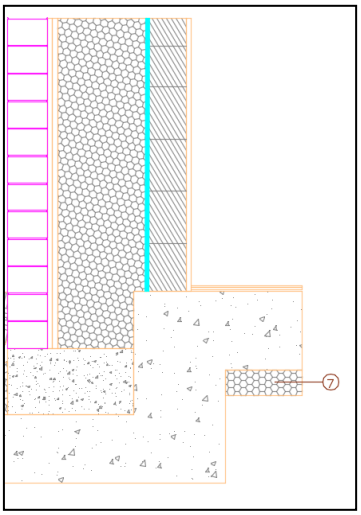
En la cubierta se ha realizado un cajón para cerrar el hueco del ascensor. Este cajón está cerrado con hormigón y aislado con 360 mm de XPS (ʎ = 0.033 W / mK) dispuesto entre rastreles de madera de pino. Se ha recubierto todo el cajón mediante chapa de acero de 3mm de espesor.



Xalet Babi Molné. Secciones de detalle de la cubierta i del cerramiento del ascensor.

5.4. Techo de sótano

Una parte del techo del sótano corresponde al forjado de la planta baja que está formado por hormigón armado de 25 cm de espesor con un aislamiento de poliestireno extruido (ʎ = 0,033 W/mK) de 10 cm de espesor, fijado con espigas por la parte inferior del forjado. El puente térmico puntual de estos anclajes es de 0,002 W/K.



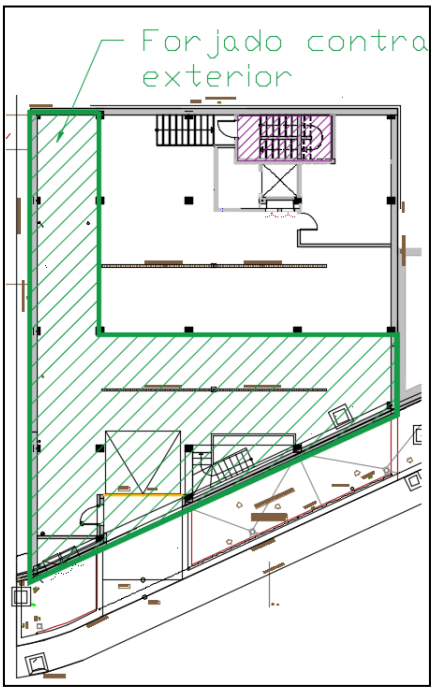
Xalet Babi Molné. Tipos de pared del sótano

Leyenda:

- 7: XPS tipo BASF 3035 CS – 100mm; λ=0,033 W/mK

Sin embargo, la totalidad de la superficie de forjado de planta baja no se encuentra en contacto con la parte del sótano no calefactada. Una porción del forjado da contra el altillo que aloja la

máquina de ventilación y que forma parte del espacio calefactado dentro la envolvente térmica. Otra porción del cierre inferior corresponde a la escalera que forma parte del interior de la envolvente térmica.



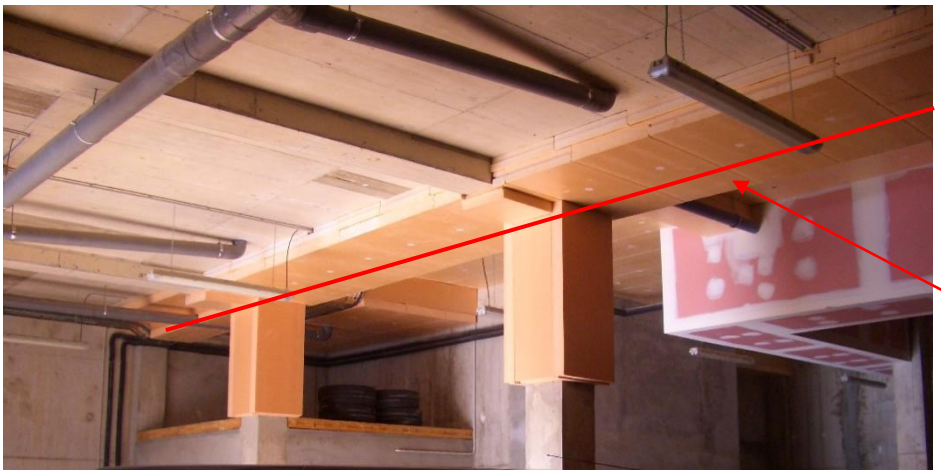
Xalet Babi Molné. Forjado en contacto con el exterior

En la imagen podemos ver la parte del forjado que está contacto con el sótano y la parte verde que está en contacto con el exterior.

Los pilares de hormigón de la planta sótano tienen continuidad de hormigón. Para compensar el puente térmico, se ha aislado el metro más alto de los pilares.

Xalet Babi Molné. Compensación del puente térmico ocasionado por los pilares

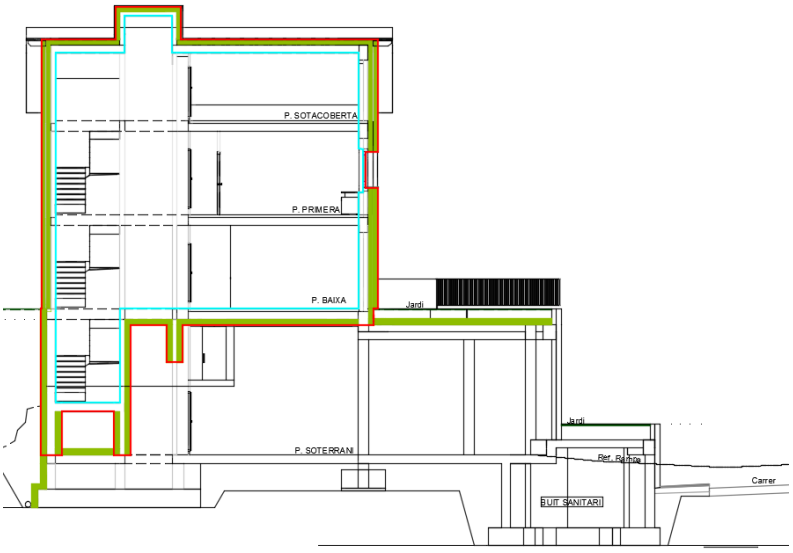
Por otro lado, para reducir el puente térmico que se genera en el linde entre el forjado en zona calefactada y no calefactada, se ha alargado de un metro perimetralmente el aislamiento existente en el sótano.



Xalet Babi Molné. Compensación puente térmico del linde entre forjado en zona calefactada y no calefactada

5.5. Envolvente térmica

En las imágenes siguientes, las líneas de colores azules, verde y rojo corresponden respectivamente a la línea de estanqueidad, aislamiento y envolvente térmica.



Xalet Babi Molné. Sección transversal

Xalet Babi Molné. Sección longitudinal

6. Detalles constructivos de la envolvente Passivhaus

6.1. Envolvente hermética

6.1.1. Membranas para vapor y de estanqueidad

Las membranas para vapor se han colocado en la cara caliente del aislamiento.

- En la fachada se ha colocado una lámina para vapor y a la vez estanca al viento en la cara caliente del asilamiento. Ésta lámina es de la marca Ampack de modelo SISALEX 500 con un valor SD de 2m.
- En la cubierta se ha colocado una lámina para vapor en la cara caliente del asilamiento. Ésta lámina es de la marca Ampack de modelo Ampatex Cento con un valor SD superior a 100m. Se ha colocado esta lámina porque es especial para estructuras de madera.
- En la cubierta también se ha colocado una lámina estanca al viento y al agua por encima del aislamiento. Ésta lámina es de la marca Ampack de modelo Ampatop Aero.

6.1.2. Ventanas

Las ventanas son ventanas pasivas de clase A, certificadas por el Passivhaus Institute triple vidrio, bajo emisivo, de composición 4-18-4-18-4 con argón. Sus características son las siguientes:

- U_g = 0,64 W/(m^{2}K)
- g = 63%

El marco de las ventanas es el SmartWin, también certificado por el Passivhaus Institute, mixto de madera y aluminio (pino en la cara interior y aluminio en la cara exterior). Sus características son las siguientes:

- U_f = 0,68 W/(m^{2}K)

El espaciador es el Super Spacer TriSeal certificado por el Passivhaus Institute.

Xalet Babi Molné. Colocación de ventanas.

6.2. Valores característicos de los componentes esenciales U

Se adjuntan las tablas de valores “U” del PHPP.

U-value of building assemblies

Passive House with PHPP Version 9.6a

Xalet Babi / Climate: Andorra de la Vella / TFA: 337 m² / Heating: 10,5 kWh/(m²a) / Freq. overheating: 0 % / PER: 48 kWh/(m²a)

Secondary calculation: Equivalent thermal conductivity of still air spaces -> (on the right)
Wedge-shaped assembly layer -> (on the right)
Unheated / uncooled attic -> (on the right)

Assembly no.	Building assembly description	Interior insulation?
01ud	**Forjat Planta Baixa/PK**	

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element	0,17	interior R_{si}	0,17
Adjacent to	0,17	exterior R_{se}:	0,17

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Placo	**0,210**					**13**
XPS	**0,035**					**100**
Formigo pesat	**2,300**					**250**
Morter	**1,150**					**80**
Baldosa	**2,300**					**20**

Percentage of sec. 1	Percentage of sec. 2	Percentage of sec. 3	Total
100%			**46,3** cm

U-value supplement [ ] W/(m²K) **U-value: 0,290** W/(m²K)

Assembly no.	Building assembly description	Interior insulation?
02ud	**Coberta inclinada**	

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element	0,1	interior R_{si}	0,10
Adjacent to	0,1	exterior R_{se}:	0,10

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Pissarra	**2,000**					**0**
lamina impermeable	**0,190**					**3**
fustes frondoses	**0,130**					**20**
Càmera d'aire	**0,087**	**fusta**	**0,130**			**20**
Styrodur	**0,035**	**fusta**	**0,130**			**200**
Styrodur	**0,035**					**150**
Formigó	**2,300**					**250**
guix	**0,180**					**14**

Percentage of sec. 1	Percentage of sec. 2	Percentage of sec. 3	Total
89%	**10,7%**		**65,7** cm

U-value supplement [ ] W/(m²K) **U-value: 0,102** W/(m²K)

Assembly no.		Interior insulation?
03ud	Mur ext Pedra Aill	

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element	0,13	interior R_{si}	0,13
Adjacent to	0,04	exterior R_{se}:	0,04

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Granit	2,800					150
VIROC	0,100					20
càmera aire	0,073	fusta	0,130			20
Pavaflex light	0,038	fusta	0,130			340
morter	1,000					10
totxana	0,760					160
guix	0,180					10

Percentage of sec. 1	Percentage of sec. 2	Percentage of sec. 3	Total
90%	10,4%		71,0 cm

U-value supplement: W/(m²K)

U-value: 0,122 W/(m²K)

Assembly no.		Interior insulation?
05ud	Terra altell soterrani	

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element	0,17	interior R_{si}	0,17
Adjacent to	0,17	exterior R_{se}:	0,17

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
fusta	0,130					20
xps	0,035	fusta	0,130			200
fusta	0,130					20

Percentage of sec. 1	Percentage of sec. 2	Percentage of sec. 3	Total
80%	20,0%		24,0 cm

U-value supplement: W/(m²K)

U-value: 0,223 W/(m²K)

Assembly no.		Interior insulation?
06ud	Sostre ascensor	

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element	0,1	interior R_{si}	0,10
Adjacent to	0,04	exterior R_{se}:	0,04

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Xapa d'acer	50,000					3
Entisellat fusta pi	0,230					20
Pavaflex light	0,038	Rastrell fusta pi	0,230			260
formigó armat	2,300					200
guix	0,180					10

Percentage of sec. 1	Percentage of sec. 2	Percentage of sec. 3	Total
100%			49,3 cm

U-value supplement: W/(m²K)

U-value: 0,139 W/(m²K)

Assembly no.		Interior insulation?
07ud	**Paret coberta ascensor**	

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: 0,13 — interior R_{si}: 0,13

Adjacent to: 0,04 — exterior R_{se}: 0,04

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Xapa d'acer	**50,000**					**3**
Entisellat fusta pi	**0,230**					**20**
Pavaflex light	**0,038**	**Rastrell fusta pi**	**0,230**			**260**
formigó armat	**2,300**					**200**
guix	**0,180**					**10**

Percentage of sec. 1	Percentage of sec. 2	Percentage of sec. 3	Total
100%			**49,3** cm

U-value supplement: W/(m²K)

U-value: 0,138 W/(m²K)

Assembly no.		Interior insulation?
08ud	**Paret exterior amb acabat SATE**	

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: 0,13 — interior R_{si}: 0,13

Adjacent to: 0,04 — exterior R_{se}: 0,04

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Pavatex difutherm	**0,043**					**160**
FUSTA	**0,130**					**20**
pavaflex light	**0,038**	**fusta**	**0,130**			**240**
totxana	**0,760**					**160**
guix	**0,180**					**28**

Percentage of sec. 1	Percentage of sec. 2	Percentage of sec. 3	Total
90%	**10,4%**		**60,8** cm

U-value supplement: W/(m²K)

U-value: 0,103 W/(m²K)

Assembly no.		Interior insulation?
09ud	**Paret soterrani/terreny (int+ext)**	

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: 0,13 — interior R_{si}: 0,13

Adjacent to: 0 — exterior R_{se}: 0,00

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
XPS	**0,035**					**200**
Formigo pesat	**2,300**					**300**
XPS	**0,035**					**200**
PLACO	**0,180**					**14**

Percentage of sec. 1	Percentage of sec. 2	Percentage of sec. 3	Total
100%			**71,4** cm

U-value supplement: W/(m²K)

U-value: 0,085 W/(m²K)

Assembly no.		Interior insulation?
10ud	**Paret soterrani/terreny (ext)**	

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: 0,13 — interior R_{si}: 0,13

Adjacent to: 0 — exterior R_{se}: 0,00

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
Morter	**1,150**					**200**
Totxana	**0,760**					**300**
Styrodur	**0,035**					**200**

Percentage of sec. 1	Percentage of sec. 2	Percentage of sec. 3	Total
100%			**70,0** cm

U-value supplement: W/(m²K)

U-value: 0,156 W/(m²K)

Assembly no.		Interior insulation?
11ud	**paret soterrani SUD**	**no**

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: 0,13 — interior R_{si}: 0,13

Adjacent to: 0 — exterior R_{se}: 0,00

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
GRANIT	**2,800**					**150**
XPS	**0,035**					**100**
formigó	**2,300**					**200**

Percentage of sec. 1	Percentage of sec. 2	Percentage of sec. 3	Total
100%			**45,0** cm

U-value supplement: W/(m²K)

U-value: 0,320 W/(m²K)

Assembly no.		Interior insulation?
12ud	**Paret escala contra soterrani**	

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: 0,13 — interior R_{si}: 0,13

Adjacent to: 0,04 — exterior R_{se}: 0,04

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
guix	**0,180**					**20**
formigó pesat	**2,300**					**200**
XPS	**0,035**					**200**

Percentage of sec. 1	Percentage of sec. 2	Percentage of sec. 3	Total
100%			**42,0** cm

U-value supplement: W/(m²K)

U-value: 0,164 W/(m²K)

Assembly no.		Interior insulation?
13ud	forjat escales soterrani	yes

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: 0,17 — interior R_{si}: 0,17

Adjacent to: 0,17 — exterior R_{se}: 0,17

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
FORMIGÓ ARMAT	2,300					200

Percentage of sec. 1	Percentage of sec. 2	Percentage of sec. 3	Total
100%			20,0 cm

U-value supplement: W/(m²K)

U-value: 2,342 W/(m²K)

Assembly no.		Interior insulation?
14ud	paret altell/soterrani-ascensor (simple)	yes

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: 0,13 — interior R_{si}: 0,13

Adjacent to: 0,13 — exterior R_{se}: 0,13

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
placo	0,180					20
xps	0,035					200
totxana	0,750					140

Percentage of sec. 1	Percentage of sec. 2	Percentage of sec. 3	Total
100%			36,0 cm

U-value supplement: W/(m²K)

U-value: 0,159 W/(m²K)

Assembly no.		Interior insulation?
15ud	Paret soterrani sense aïllament	no

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element: 0,13 — interior R_{si}: 0,13

Adjacent to: 0 — exterior R_{se}: 0,00

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
formigó pesat	2,300					200

Percentage of sec. 1	Percentage of sec. 2	Percentage of sec. 3	Total
100%			20,0 cm

U-value supplement: W/(m²K)

U-value: 4,609 W/(m²K)

Assembly no.		Interior insulation?
16ud	**Terra soterrani sense aïllament**	

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element	0,17	interior R_{si}	0,17
Adjacent to	0	exterior R_{se}:	0,00

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
formigó pesat	**2,300**					**200**

Percentage of sec. 1	Percentage of sec. 2	Percentage of sec. 3	Total
100%			**20,0** cm

U-value supplement W/(m²K)

U-value: 3,892 W/(m²K)

Assembly no.		Interior insulation?
17ud	**Terra soterrani aïllat (1m des de parets)**	**yes**

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element	0,17	interior R_{si}	0,17
Adjacent to	0	exterior R_{se}:	0,00

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
XPS	**0,035**					**200**
formigó armat	**2,300**					**200**

Percentage of sec. 1	Percentage of sec. 2	Percentage of sec. 3	Total
100%			**40,0** cm

U-value supplement W/(m²K)

U-value: 0,167 W/(m²K)

Assembly no.		Interior insulation?
18ud	**Paret sota escala**	

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element	0,13	interior R_{si}	0,13
Adjacent to	0,13	exterior R_{se}:	0,13

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
XPS	**0,035**					**200**
formigó armat	**2,300**					**200**
xps	**0,035**					**200**

Percentage of sec. 1	Percentage of sec. 2	Percentage of sec. 3	Total
100%			**60,0** cm

U-value supplement W/(m²K)

U-value: 0,085 W/(m²K)

Assembly no.							Interior insulation?
19ud	Sostre soterrani ajardinat						

Heat transmission resistance [m²K/W]

Orientation of building element	0,04	interior R_{si}	0,04
Adjacent to	0,1	exterior R_{se}:	0,10

Area section 1	λ [W/(mK)]	Area section 2 (optional)	λ [W/(mK)]	Area section 3 (optional)	λ [W/(mK)]	Thickness [mm]
torba	0,400					100
romplert terra	1,500					100
arlita	0,100					200
formigó armat	2,300					200

Percentage of sec. 1	Percentage of sec. 2	Percentage of sec. 3	Total
100%			60,0 cm

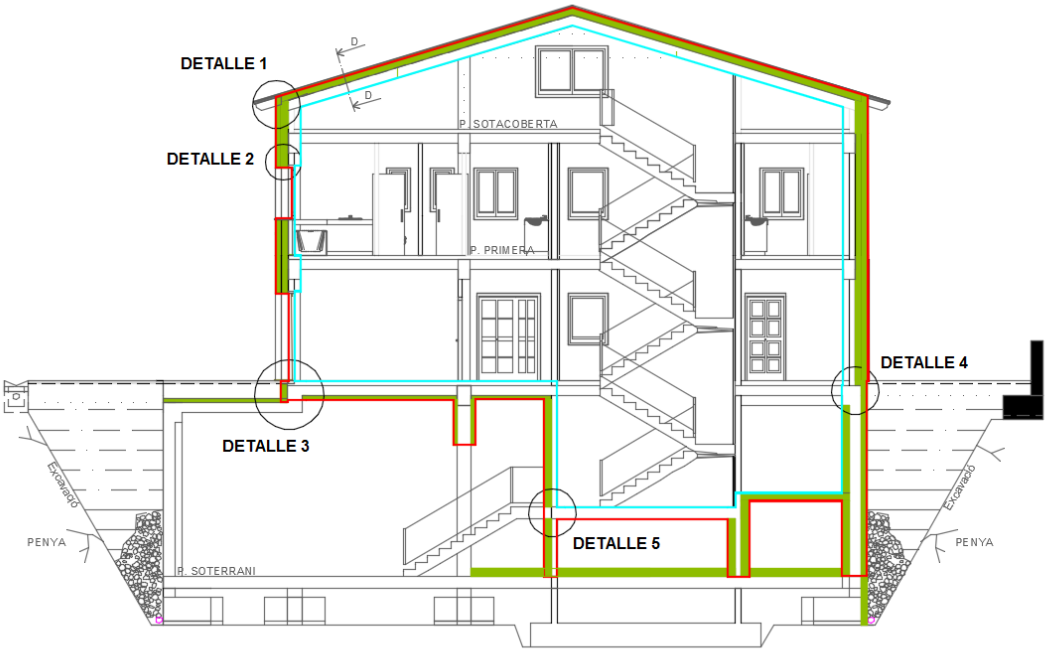
U-value supplement W/(m²K) **U-value: 0,393** W/(m²K)

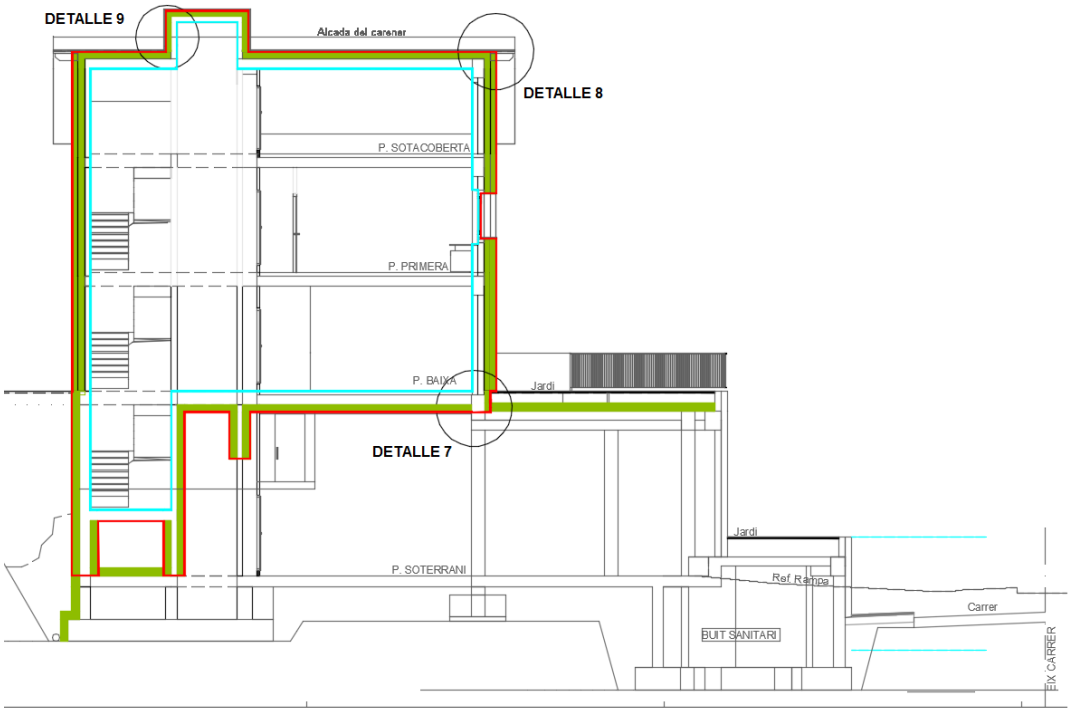
Xalet Babi Molné. Valores “U” de los cerramientos

6.3. Puntos de detalle de la construcción

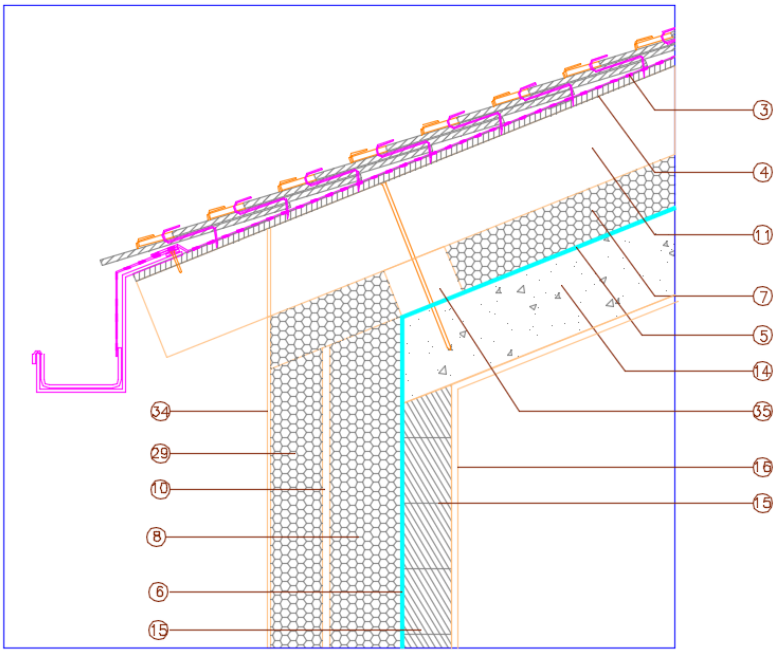
El desafío al diseñar esta casa pasiva, fue el desarrollo de puentes térmicos y los puntos de encuentro de hermeticidad.

A continuación se pueden observar los detalles constructivos de la casa:





6.3.1. Detalle 1 - Encuentro de la cubierta con la fachada oeste

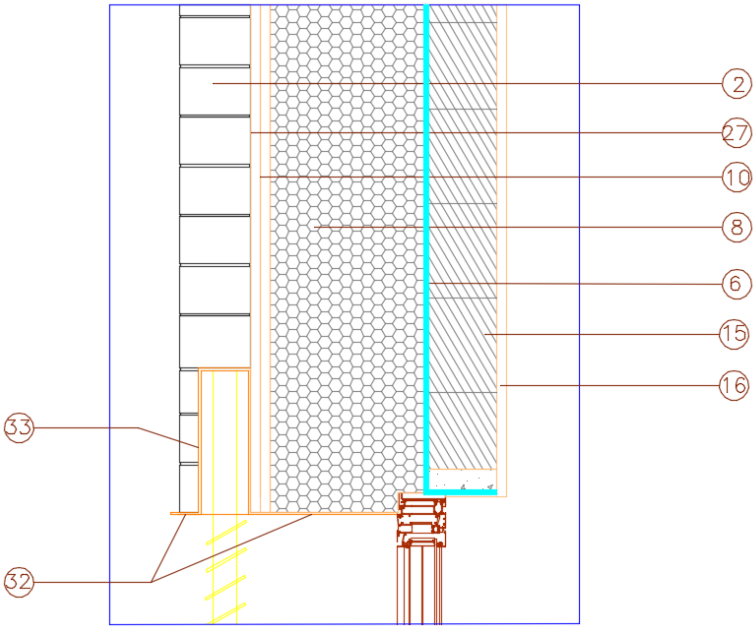


Leyenda:

- 3: Lámina impermeable
- 4: Machihembrado de cubierta con madera de pino de 20mm de espesor; λ=0,23 W/mK
- 5: Lámina para-vapor (cubierta)

- 6: Lámina para-vapor (fachada)
- 7: XPS BASF 3035 CS – 100mm; λ=0,033 W/mK
- 8: Pavaflex light – 240mm; λ=0,038 W/mK
- 10: Cámara de aire
- 11: Tablones de madera de pino 220x150mm
- 14: Hormigón armado; λ=1,6 W/mK
- 15: Cerramiento cerámico con ladrillo perforado; λ=0,76 W/mK
- 16: Yeso; λ=0,18 W/mK
- 29: Pavatex Difutherm; λ=0,043 W/mK
- 34: Acabado sobre aislamiento para revocado de mortero
- 35: Elemento de soporte de madera de pino 150x150x200 mm

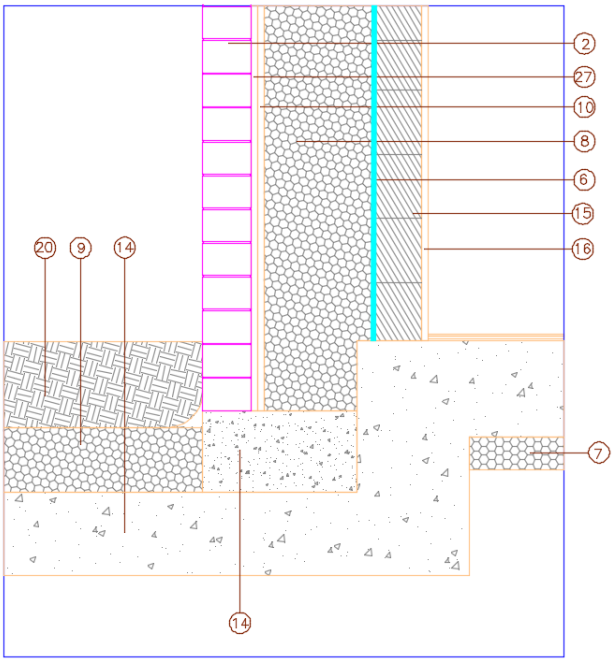
6.3.2. Detalle 2 – Instalación de ventanas



Leyenda:

- 2: Revestimiento con piedra pizarra de 15 cm
- 6: Lámina para vapor (fachada)
- 8: Pavaflex light – 240mm; λ=0,038 W/mK
- 10: Cámara de aire
- 15: Cerramiento cerámico con ladrillo perforado; λ=0,76 W/mK
- 16: Yeso; λ=0,18 W/mK
- 27: Panel de conglomerado con cemento “VIROC”; λ=0,1 W/mK
- 32: Dintel metálico en pletina de acero de 3mm
- 33: Cajón de persiana en pletina de acero de 3mm soldado en umbral de ventana

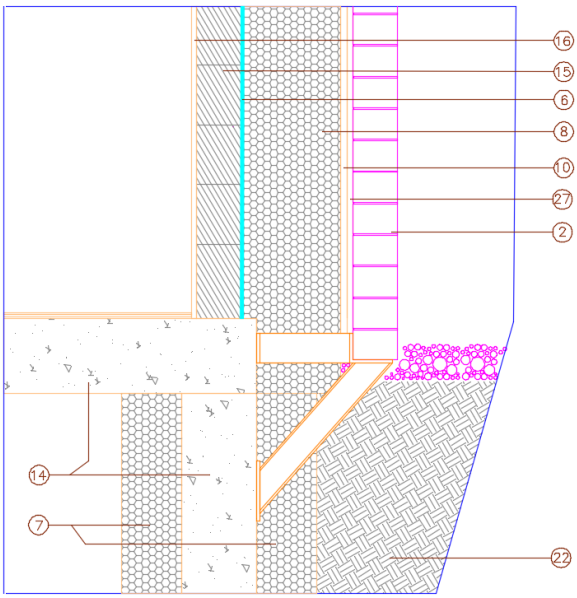
6.3.3. Detalle 3 – Encuentro fachada Oeste con techo de sótano



Leyenda:

- 2: Revestimiento con piedra pizarra de 15 cm
- 6: Lámina para vapor (fachada)
- 7: XPS BASF 3035 CS – 100mm; λ=0,033 W/mK
- 8: Pavaflex light – 240mm; λ=0,038 W/mK
- 9: Relleno de Arlita; λ=0,10 W/mK
- 10: Cámara de aire
- 14: Hormigón armado; λ=1,6 W/mK
- 15: Cerramiento cerámico con ladrillo perforado; λ=0,76 W/mK
- 16: Yeso; λ=0,18 W/mK
- 20: Tierra vegetal para plantación de cesped
- 27: Panel de conglomerado con cemento “VIROC”; λ=0,1 W/mK

6.3.4. Detalle 4 – Encuentro fachada sur con techo sótano

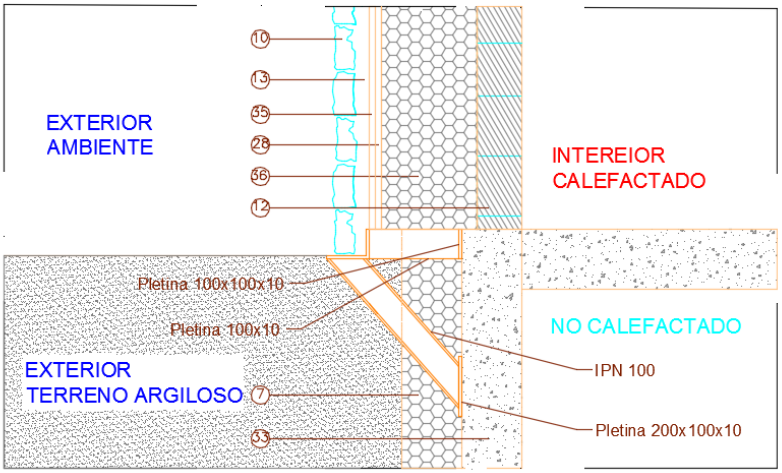


Leyenda:

- 2: Revestimiento con piedra pizarra de 15 cm
- 6: Lámina para vapor (fachada)
- 7: XPS BASF 3035 CS – 100mm; λ=0,033 W/mK
- 8: Pavaflex light – 240mm; λ=0,038 W/mK
- 10: Cámara de aire
- 14: Hormigón armado; λ=1,6 W/mK
- 15: Cerramiento cerámico con ladrillo perforado; λ=0,76 W/mK
- 16: Yeso; λ=0,18 W/mK
- 22: Rellenado de tierra de la propia obra
- 27: Panel de conglomerado con cemento “VIROC”; λ=0,1 W/Mk

PLETINA SOPORTE PIEDRA; FACHADA PIEDRA

SECCIÓN TRANSVERSAL VERTICAL FACHANA DE PIEDRA



Xalet Babi Molné. Estructura metálica para soportar la piedra.

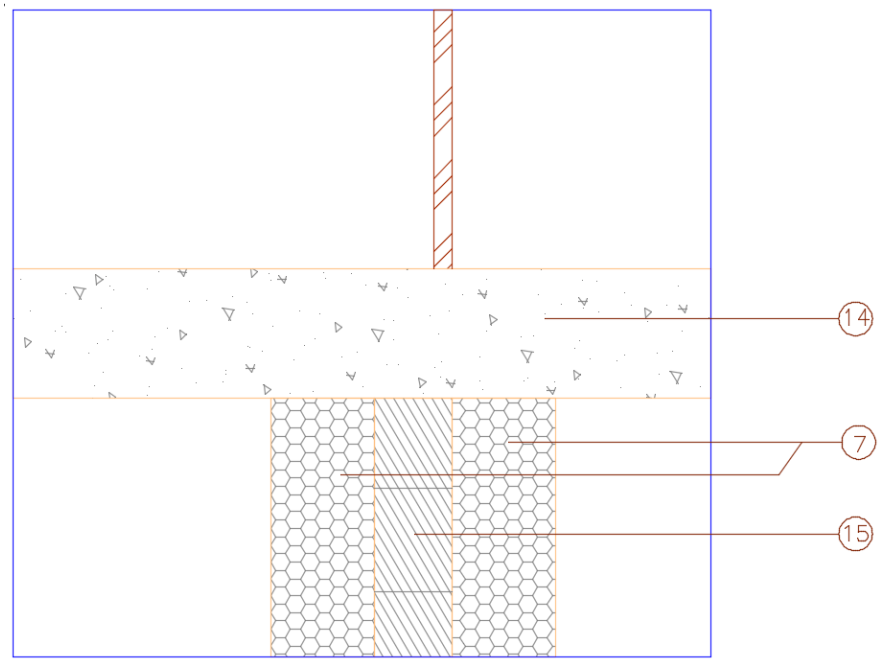
Leyenda:

- 7: XPS BASF 3035 CS – 200mm
- 10: Revestimiento con piedra pizarra de 6-10cm
- 12: Cerramiento cerámico con gero
- 13: Mortero 4cm
- 28: Cámara de aire 20mm
- 33: Pavaflex – 100mm
- 35: Madera aglomerada con styrodur 320mm
- 36: Styrodur 3035 CS – 320mm

Un perfil en L de acero sirve de sustentación de la piedra que queda en voladizo en la fachada Oeste. Este perfil está soldado a 9 soportes puntuales formados por una pletina y un perfil IPN100. El aislamiento térmico pasa a través de estos soportes. El valor Psi que se ha considerado para este puente térmico es de 0,1 W/(m.K).

6.3.5. Detalle 5 – Puente térmico de encuentro del forjado de la escalera con el muro que da contra el sótano

Ese trata de un puente térmico formado por el forjado del rellano de la escalera que entra en la envolvente térmica.

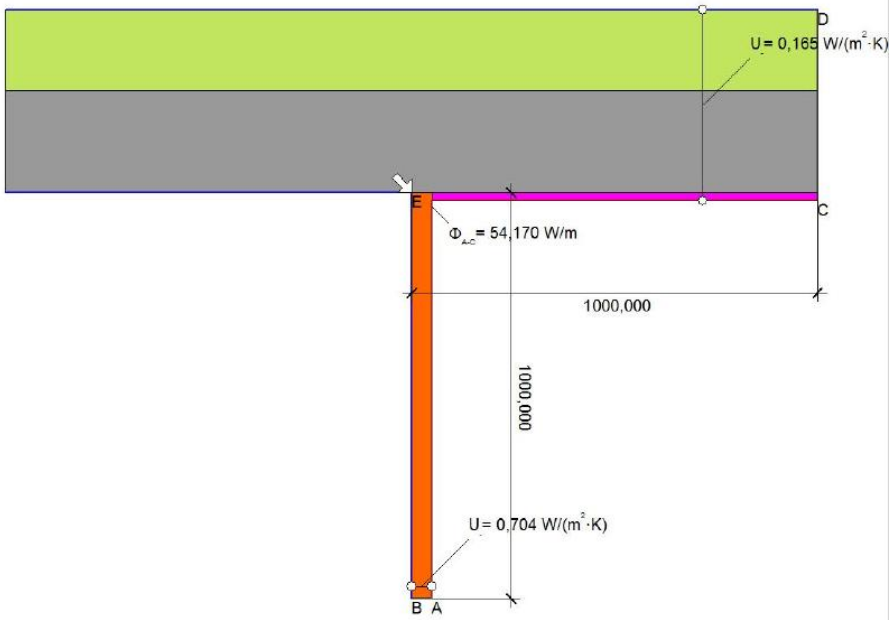


Leyenda:

- 7: XPS BASF 3035 CS – 100mm; λ=0,033 W/mK
- 14: Hormigón armado; λ=1,6 W/mK
- 15: Cerramiento cerámico con ladrillo perforado; λ=0,76 W/mK

Xalet Babi Molné. Ejecución y final de obra del puente térmico del forjado.

Se ha calculado el valor de las perdidas energéticas del puente térmico mediante el programa de cálculo de puentes térmicos lineales FLIXO. Se presenta el cálculo en la figura siguiente:



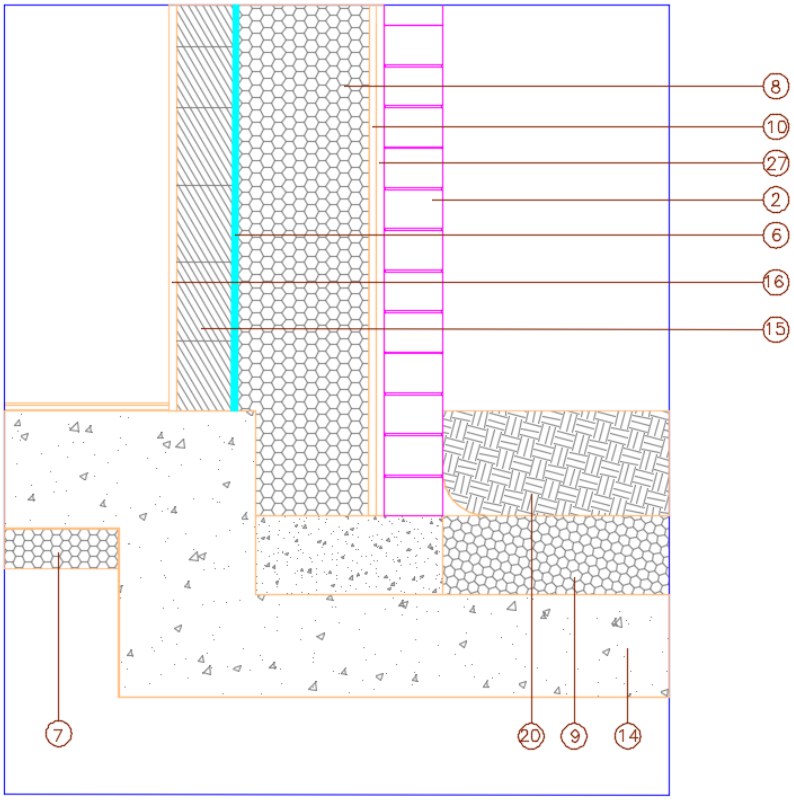
Matériau	λ[W/(m·K)]
Béton armé (avec 2% d'acier)	2,500
Plâtre 900 kg/m3	0,300
Porta PH	0,040
Styrodur C 0.035	0,035

Condition au bord	q[W/m²]	θ[°C]	R[(m²·K)/W]
Extérieur, standard		-10,000	0,040
Intérieur, standard		20,000	0,130
Symmétrie/Section composant	0,000		

$$\Psi_{A\text{-}E\text{-}C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 - U_2 \cdot b_2 = \frac{54,170}{30,000} - 0,704 \cdot 1,000 - 0,165 \cdot 1,000 = 0,936 \text{ W/(m·K)}$$

Xalet Babi Molné. Resultado del cálculo del puente térmico.

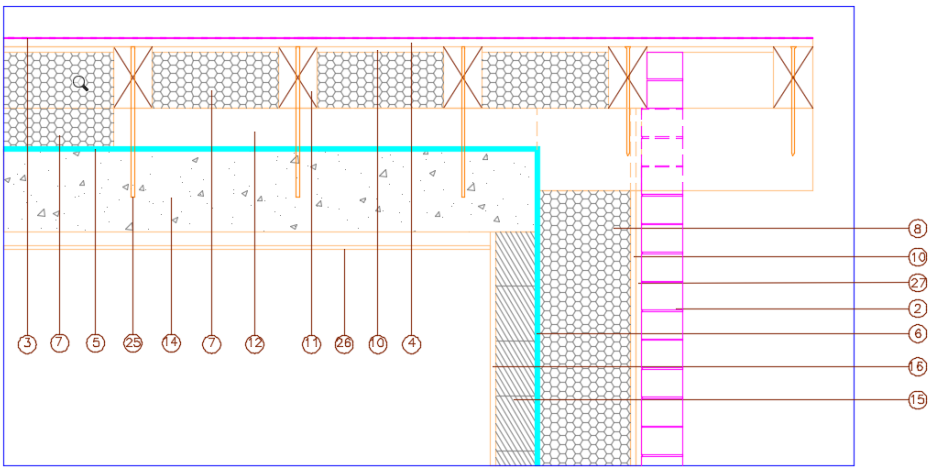
6.3.6. Detalle 7 – Encuentro techo sótano con fachada sur



Leyenda:

- 2: Revestimiento con piedra pizarra de 15 cm
- 6: Lámina para vapor (fachada)
- 7: XPS BASF 3035 CS – 100mm; λ=0,033 W/mK
- 8: Lana de madera, Pavaflex light – 240mm; λ=0,038 W/mK
- 9: Relleno de arlita; λ=0,10 W/mK
- 10: Cámara de aire
- 14: Hormigón armado; λ=1,6 W/mK
- 15: Cerramiento cerámico con ladrillo perforado; λ=0,76 W/mK
- 16: Yeso; λ=0,18 W/mK
- 20: Tierra vegetal para plantación de césped
- 27: Panel de conglomerado con cemento “VIROC”; λ=0,1 W/mK

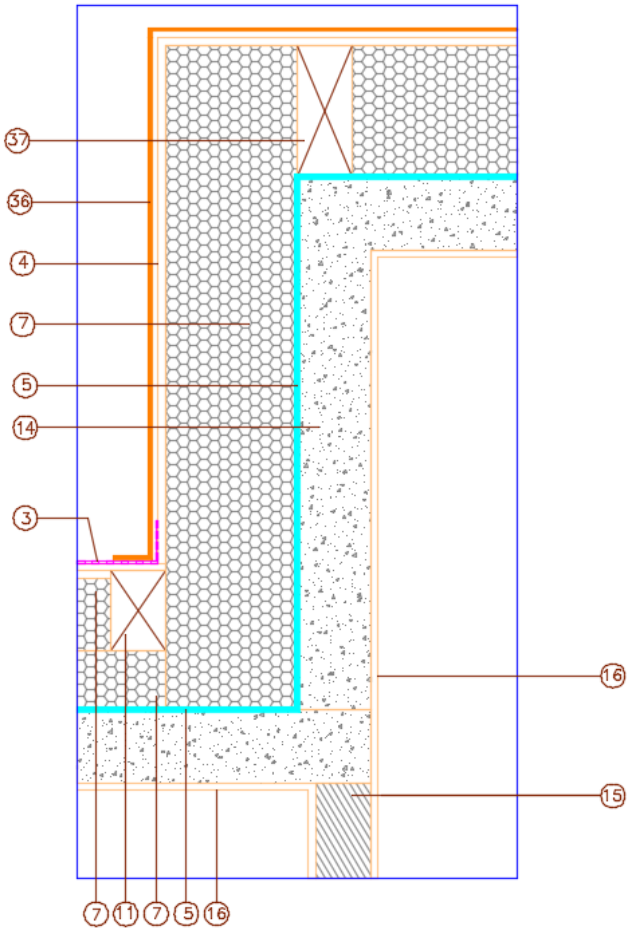
6.3.7. Detalle 8 – Encuentro fachada sur con cubierta



Leyenda:

- 2: Revestimiento con piedra pizarra de 15 cm
- 3: Lámina impermeable
- 4: Machihembrado de cubierta con madera de pino de 20mm de espesor; λ=0,23 W/mK
- 5: Lámina para vapor (cubierta)
- 6: Lámina para vapor (fachada)
- 7: XPS BASF3035 CS – 100mm; λ=0,033 W/mK
- 8: Fibra de madera, Pavaflex light – 240mm; λ=0,038 W/mK
- 10: Cámara de aire
- 11: Tablones de madera de pino 220x150mm
- 12: Cabios formados por tablones de madera de pino 300x200mm
- 14: Hormigón armado; λ=1,6 W/mK
- 15: Cerramiento cerámico con ladrillo perforado; λ=0,76 W/mK
- 16: Yeso; λ=0,18 W/mK
- 25: Tornillo de acero galvanizado de diámetro 12mm
- 26: Tradosado de placo
- 27: Panel de conglomerado con cemento “VIROC”; λ=0,1 W/mK

6.3.8. Detalle 9 – Encuentro cajón de ascensor con cubierta



Leyenda:

- 3: Lámina impermeable
- 4: Machihembrado de cubierta con madera de pino de 20mm de espesor; λ=0,23 W/mK
- 5: Lámina para vapor (cubierta)
- 7: XPS BASF 3035 CS – 100mm; λ=0,033 W/mK
- 11: Tablones de madera de pino 220x150mm
- 14: Hormigón armado; λ=1,6 W/mK
- 15: Cerramiento cerámico con ladrillo perforado; λ=0,76 W/mK
- 16: Yeso; λ=0,18 W/mK
- 36: Pletina de acero de 3mm de espesor
- 37: Tablón de madera de pino 360x150mm

7. Concepto de hermeticidad y ensayo Blowerdoor

En fase de ejecución se ha procurado no interrumpir la capa hermética en ningún punto, sellando las uniones entre las membranas herméticas que se han colocado tanto en cubierta como en fachada.

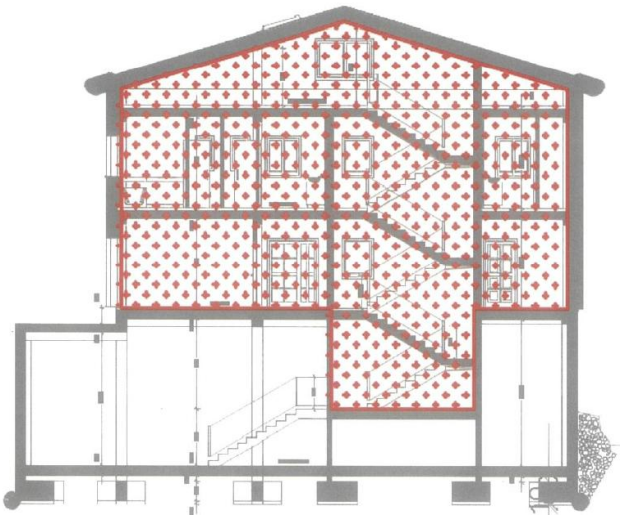
En un primer tiempo, se efectuó una medición preliminar de la permeabilidad al aire obteniendo un resultado de n_{50} = 0,41 h^{-1} antes de finalizar la obra para señalando las zonas de infiltración que había que corregir.

Xalet Babi Molné. Ejecución de primer ensayo blowerdoor detectando zonas de infiltración a corregir.

Al finalizar la obra se realizó un segundo ensayo blowerdoor para evaluar el requisito de hermeticidad del estándar Passivhaus. Las pruebas efectuadas de despresurización con el ventilador se hicieron según la norma UNE-EN 13829.

Para la preparación del ensayo, todas las oberturas intencionadas del edificio (puertas, ventanas y balcones) estaban cerradas. Las puertas de interconexión del volumen sometido a ensayo se encuentran abiertas respondiendo la envolvente como una única zona.

El volumen que se ha considerado corresponde al marcado en la imagen siguiente (1050,79 m^3).



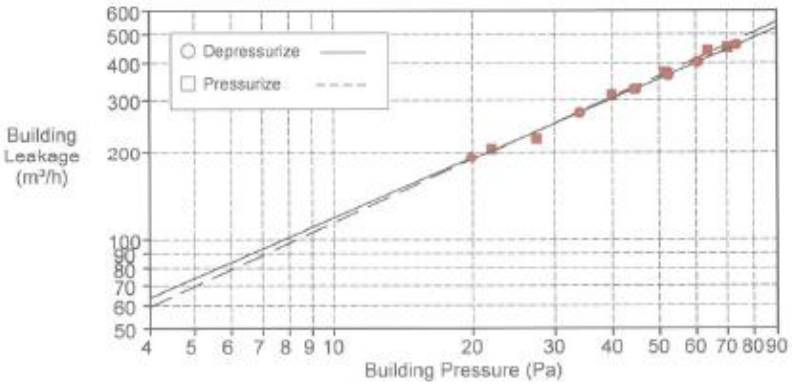
Xalet Babi Molné. Volumen considerado en el ensayo.

El resultado del ensayo de medición de infiltraciones obtenido fue de 0,31 renovaciones de aire/hora a la presión de referencia de 50Pa que indicó una excelente hermeticidad de la envolvente térmica cumpliendo el criterio del estándar Passivhaus n_{50} <0,6 h^{-1}.

	Depressurization	Pressurization	Average
Test Results at 50 Pascals:			
V50: Airflow (m³/h)	355 (+/- 0.2 %)	362 (+/- 1.2 %)	358
n50: Air Changes per Hour (1/h)	0.31	0.31	0.31
w50: m³/(h*m² Floor Area)	0.87	0.88	0.87
q50: m³/(h*m² Surface Area)	0.51	0.52	0.52
Leakage Areas:			
Canadian EqLA @ 10 Pa (cm²)	132.8 (+/- 0.9 %)	127.5 (+/- 5.8 %)	130.2
cm²/m² Surface Area	0.19	0.18	0.19
LBL ELA @ 4 Pa (cm²)	68.8 (+/- 1.3 %)	63.8 (+/- 8.9 %)	66.3
cm²/m² Surface Area	0.10	0.09	0.10
Building Leakage Curve:			
Air Flow Coefficient (Cenv)	25.6 (+/- 2.0 %)	22.6 (+/- 13.7 %)	
Air Leakage Coefficient (CL)	24.9 (+/- 2.0 %)	22.0 (+/- 13.7 %)	
Exponent (n)	0.679 (+/- 0.005)	0.716 (+/- 0.034)	
Correlation Coefficient	0.99989	0.99541	

Test Standard: EN 13829 Regulation complied with: Passivhaus
Type of Test Method: B
Equipment: Model 4 (230V) Minneapolis Blower Door, S/N CE2493

Inside Temperature:	15 °C	Volume:	1151 m³
Outside Temperature:	11 °C	Surface Area:	693 m²
Barometric Pressure:	89970 Pa	Floor Area:	410 m²
Wind Class:	1 Light Air	Uncertainty of Building Dimensions:	3 %
Building Wind Exposure:	Highly Exposed Building	Year of Construction:	2016
Type of Heating:			
Type of Air Conditioning:			
Type of Ventilation:	Recuperador calor		



Xalet Babi Molné. Resultados del ensayo.

8. Instalaciones

8.1. Ventilación

Con el fin de garantizar un aire interior higiénico y reducir la demanda de calor debida a la ventilación, se instaló un sistema de ventilación mecánico de doble flujo y con recuperador de calor. Además, se instaló un pozo canadiense de 24 metres de longitud y de 2m de profundidad para precalentar el aire de aportación. El recuperador de calor instalado es de la marca Helios, modelo KWL EC 1400 D.

Xalet Babi Molné. Pozo canadiense.

La máquina de ventilación se ha colocado dentro de la envolvente térmica, en la sala del altillo del sótano, y se ha adaptado un silenciador fabricado con lana de oveja prensada.

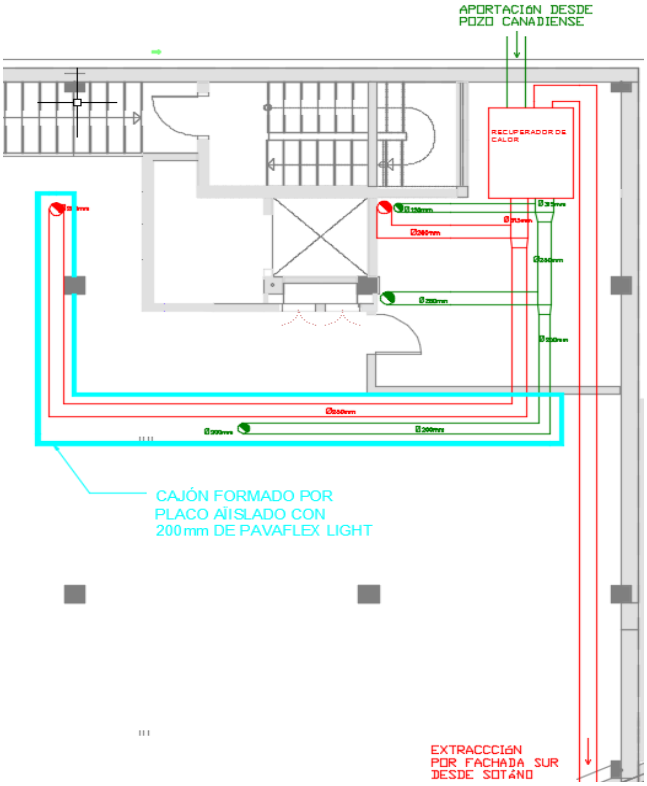
La eficiencia de consumo eléctrico de la maquina es de 0,45 Wh/m^3 y el rendimiento del recuperador de calor es de 82%.

Xalet Babi Molné. Máquina de ventilación.

La distribución de la ventilación se ha realizado mediante conductos de chapa galvanizada de sección circular y se ha sectorizado por planta, con una compuerta a cada uno de los 3 montantes correspondientes.

Los conductos en contacto con el sótano se han cerrado con un cajón de placas de yeso laminado resistentes al fuego Placoflam de grado 2h, por lo tanto los conductos solo pasan por el sector de incendios de la vivienda (zona calefactada) y están separados del sector de incendios del sótano.

Se ha aislado, con 20cm de pavaflex light (ʎ = 0.038 W / mK), el tramo de conductos de aportación y extracción que atraviesan la envolvente térmica, en el sótano como se puede ver en la imagen siguiente. También se han asilado los conductos de expulsión y admisión de aire entre la maquina y la envolvente térmica.



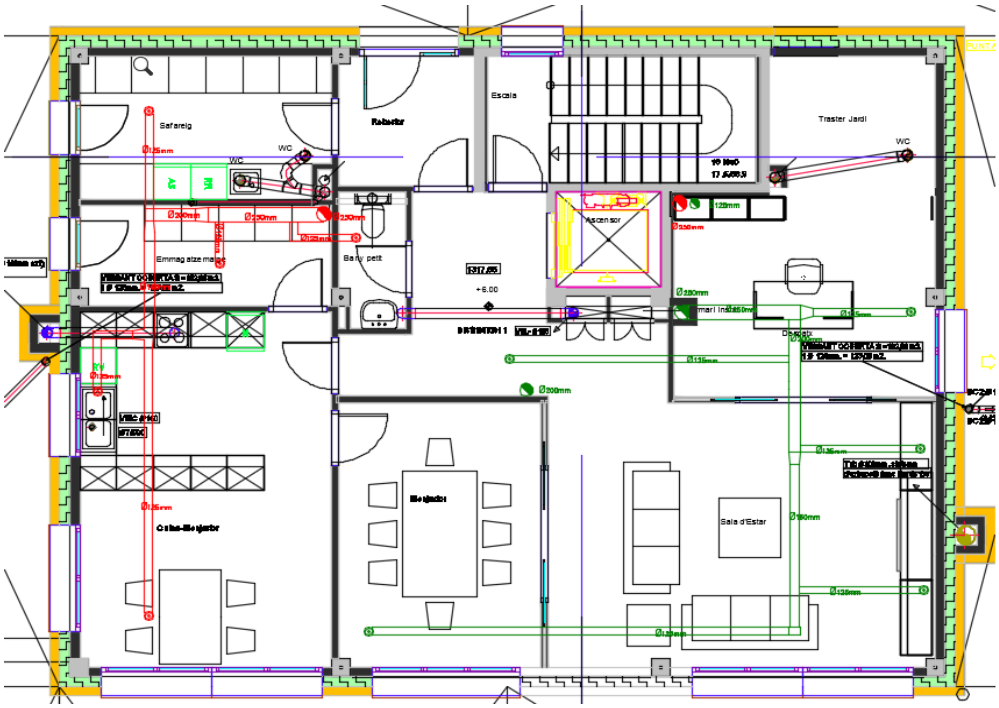
Xalet Babi Molné. Croquis de los conductos aislados en planta altillo

Xalet Babi Molné. Fotos durante la aplicación del aislamiento en los conductos

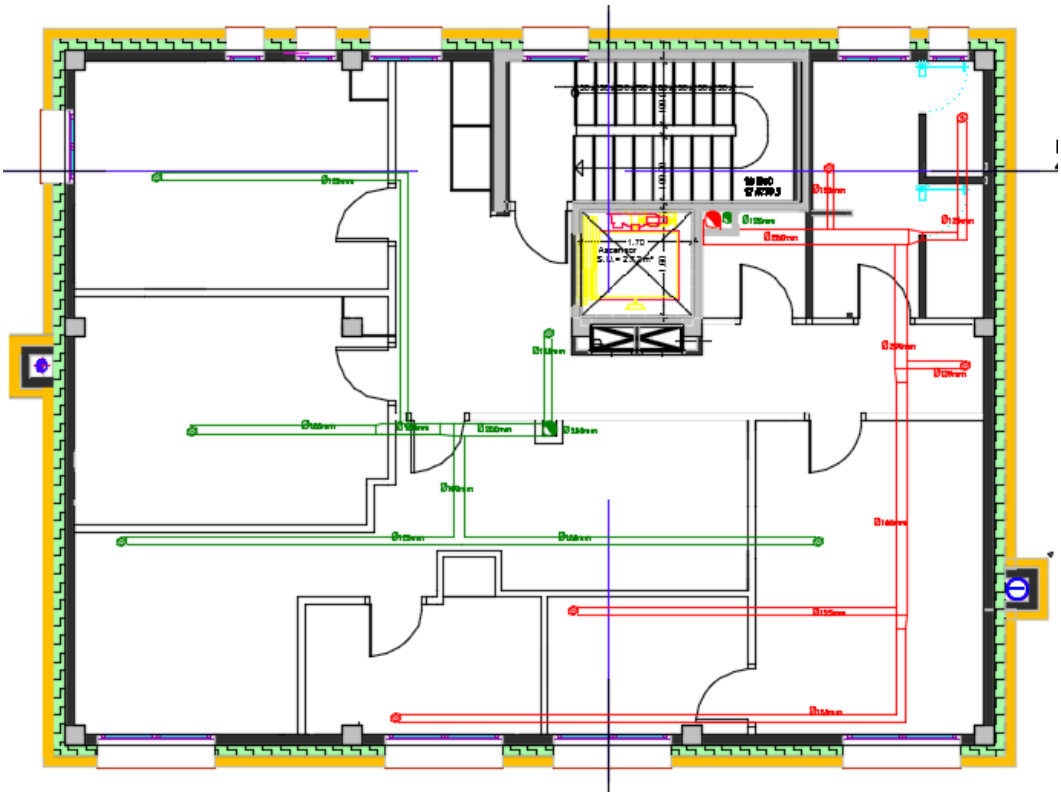
El aire se extrae en los baños, en la cocina en los locales de almacenaje y en el pasillo de planta primera, se acumula en los conductos de ventilación y se conduce a la distribución de extracción. El aire de admisión se introduce en los dormitorios, pasillo de planta primera y planta baja, en el comedor y en la planta bajo cubierta.

Xalet Babi Molné. Bocas de entrada de aire.

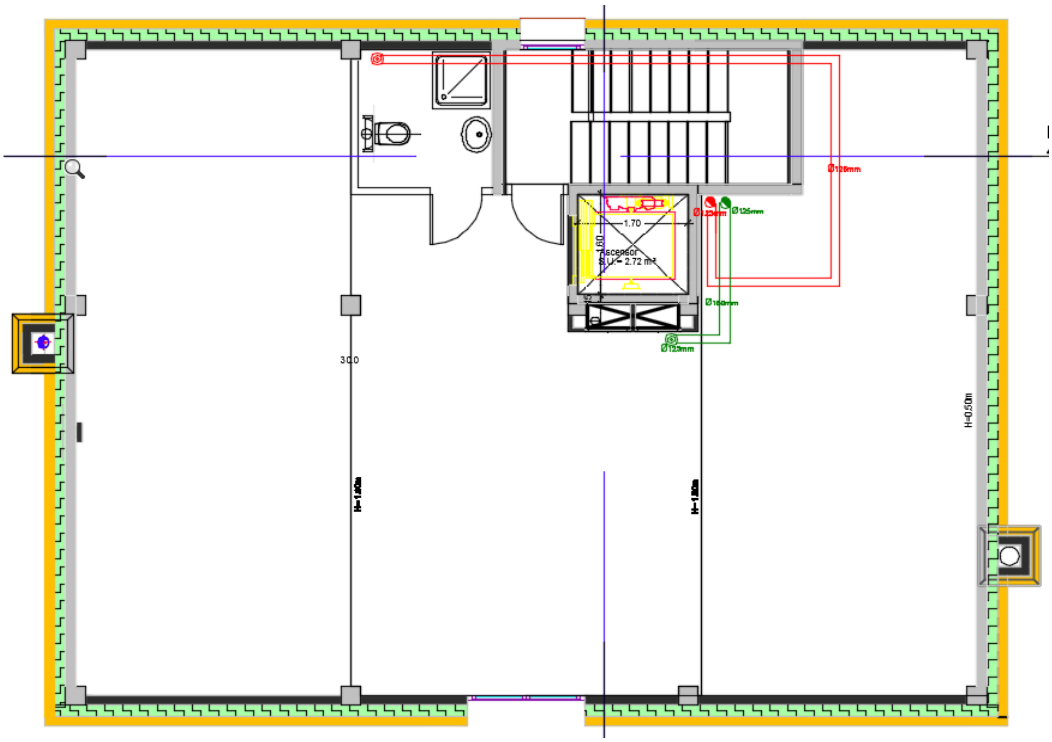
A continuación se muestran los planos de ventilación en planta.



Xalet Babi Molné. Conductos de ventilación en planta baja.



Xalet Babi Molné. Conductos de ventilación en planta primera.



Xalet Babi Molné. Conductos de ventilación en planta bajo cubierta.

8.2. Calefacción

A día de la redacción de este documento (8/2019), se están utilizando calefactores mientras se espera la instalación de un sistema de calefacción a través del sistema de ventilación, mediante aerotérmia y una regulación y control adecuado.

Debido a la instalación de componentes muy eficientes, el edificio cumple con el criterio de energía primaria, a pesar de tener todos los consumos con electricidad directa.

8.3. Agua caliente sanitaria ACS

El ACS de la vivienda se genera mediante un termo eléctrico con una acumulación de 300 litros de volumen y de clase C de eficiencia energética.

Xalet Babi Molné. Acumulador para ACS.

8.4. Reducción del consumo de energía

Para reducir el consumo de energía del edificio, se tomaros las medidas siguientes:

- Máximo provecho de la luz natural
- Utilización de equipos LED
- Equipos optimizados para bajo consumo de energía.

9. Desarrollo de la casa

Esta casa pasiva, ha sido la primera casa Passive House certificada en Andorra y fue todo un reto tanto para su diseño como para el cliente que confió en este proyecto.

La construcción de la casa se inició en 2014 y se terminó en 2016.

El cliente tenía claro que quería que se diseñara, construyera y se certificara una casa Passive House con sus 5 principios claves:

- Casa altamente aislada
- Ventanas triple vidrio
- Ventilación con recuperación de calor
- Casa estanca
- Diseño libre de puentes térmicos

Se obtuvo la certificación en diciembre de 2018.

El certificador exigió cambiar un detalle constructivo que no cumplió con criterio de confort e higiene y se tuvo que intervenir para solucionarlo y pode obtener la certificación. Se trataba de un puente térmico perimetral del linde entre forjado en zona calefactada y no calefactada entre el sótano no calefactado y la planta baja calefactada.
Se resolvió el puente térmico alargando el aislamiento del techo del sótano con XPS de 200mm de espesor de aislamiento incluyendo los pilares como se puede ver en la imagen del capítulo anterior 5.4.

Fue un gran desafío explicar al equipo de la obra en qué consistía el estándar Passive House y sobre todo la importancia de la estanqueidad de la casa.

Actualmente, la casa no se está monitorizando, no existen datos de monitoreo.

10. Costes de construcción

La casa tiene 697 m^2, de los cuales solo 337 m^2 están dentro de la envolvente térmica.

La ratio de construcción dentro de la envolvente térmica de la casa ha sido de unos 2400 euros/m^2. Fuera de la envolvente térmica el coste es de 850€/m^2.