

# Project Documentation

## Documentación de proyecto

### 1 Abstract / Resumen



**Passive house 'FUV', VITORIA- GASTEIZ, ALAVA**

|                                                  |                                                                                                                         |                                                                           |                        |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Year of construction/<br>Año de construcción     | 2014                                                                                                                    | Space heating /<br>Demanda calefacción                                    | <b>18</b><br>kWh/(m²a) |
| U-value external wall/<br>Valor-U pared exterior | 0.197 W/(m²K)                                                                                                           | Heat load /<br>Carga calefacción                                          | <b>10 W/m2</b>         |
| U-value basement ceiling/<br>Valor-U solera      | 0.232 W/(m²K)                                                                                                           | Primary Energy Renewable (PER) /<br>Energía primaria renovable (PER)      | 84 kWh/(m²a)           |
| U-value roof/<br>Valor-U cubierta                | 0.16W/(m²K)                                                                                                             | Generation of renewable energy /<br>Generación energía renovable          | 0 kWh/(m²a)            |
| U-value window/<br>Valor-U ventana               | 0.789 W/(m²K)                                                                                                           | Non-renewable Primary Energy (PE) /<br>Energía primaria no renovable (PE) | 65 kWh/(m²a)           |
| Heat recovery/<br>Rendimiento<br>recuperación    | 81.1 %                                                                                                                  | Pressure test n <sub>50</sub> /<br>Ensayo presurización n <sub>50</sub>   | 0.6 h-1                |
| Special features/<br>Soluciones especiales       | Renewable energy with Geothermal heat pump for heating and hot water. Bomba de calor geotérmica para calefacción y ACS. |                                                                           |                        |

## 1.2 Brief Description of the project

### Passive house 'FUV', VITORIA- GASTEIZ, ALAVA.

The FUV house (Firmitas, utilitas, Venustas) is named in honour of Vitrubio. It is located at 525m height above sea level in the city of Vitoria-Gasteiz (Basque Country).

It is a single-family house with three floors with each façade designed according to its own orientation, always allowing winter solar gains and restricting the same in the summer months, especially when considering the west façade.

The resulting envelope, overhangs and solar shading have all been designed according to the environmental strategies already mentioned. Along with these external passive designs, internally stone flooring is present with the aim of providing inert thermal mass.

This results in a cubic building, unfolding to the south and east and closed to the north, with only a golden section opening in the main facade to allow access to the roof solarium from a small terrace at first floor level.

The ventilation system consists of a ground-air heat exchanger system drawing air via earth tubes that preheat or precool the air according to the time of year. Integrated into the system is a bypass that can provide passive air cooling.

Heating and cooling are provided by a geothermic heat pump that emits heat via underfloor heating along with possibility of switching to a cooling mode. This flexibility neatly fits in with the different needs of a Southern Europe climate thus making it a highly appropriate design for Passivhaus building in that part of the world.

A structure has been preinstalled in order that in near future 30 m2 of fotovoltaic panels can be fitted when local laws permit their use,

It is in this moment that the project could transform itself into a NZEB building.

## 1.2 Descripción resumida del proyecto

### Casa Passiva 'FUV', VITORIA- GASTEIZ, ALAVA.

La casa FUV (Firmitas, Utilitas, Venustas) se llama así en homenaje a Vitrubio. Está situada en la ciudad de Vitoria-Gasteiz (País Vasco) y a una altitud sobre el nivel del mar de 525m.

Además de la firmeza utilidad y belleza desde el primer momento en el diseño se ha buscado la sostenibilidad.

Se trata de una vivienda unifamiliar de 3 plantas en la que cada fachada se ha estudiado según su orientación, siempre buscando el sol de invierno y evitando el de verano sobre todo en el oeste. Esto se traduce en una forma cúbica muy permeable hacia el sur y cerrada al norte, donde se abre un gran hueco desde la terraza de acceso al solarium con un rectángulo áureo recordando también al arquitecto romano.

La envolvente, con sus vuelos y protecciones, está proyectada en función de la captación o protección solar. ésta medida pasiva se acompaña con un solado pétreo con el objetivo de tener inercia.

El aire de la VRC se toma mediante un pozo canadiense que aprovecha la inercia del terreno para precalentar o refrescar el aire según la estación. el sistema tiene un by-pass que refresca en verano de forma pasiva.

La climatización se sirve de una bomba de calor geotérmica que tiene como emisor un suelo radiante que se transforma en refrescante en verano. Es un buen ejemplo de diseño passivhaus en el sur de Europa.

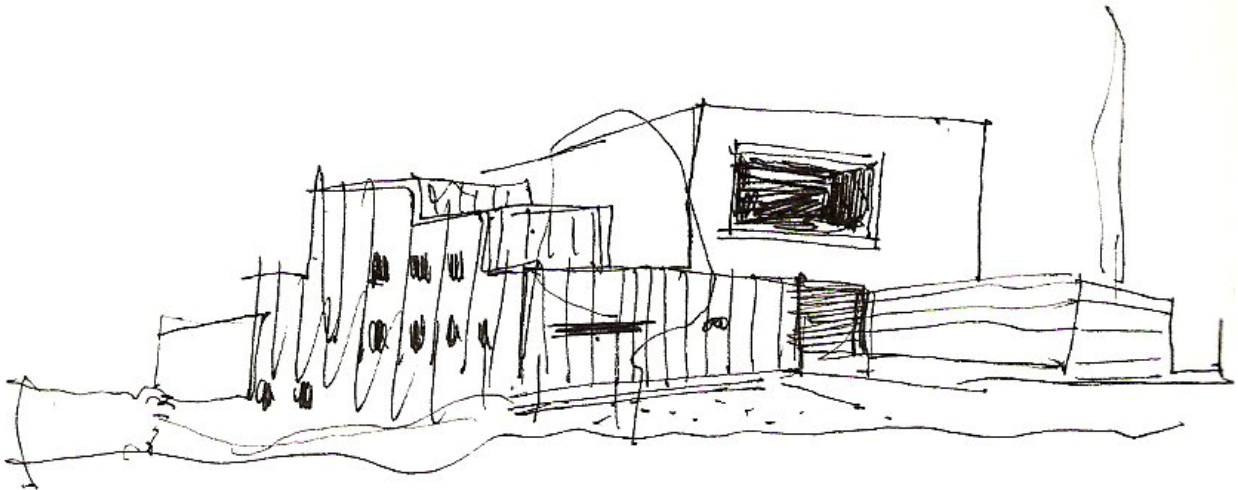
Se ha proyectado una pérgola que en un futuro (cuando las normativas lo apoyen) albergará 30 m2 de paneles fotovoltaicos, en ese momento nos acercaremos a un edificio EECN.

### 1.3 Responsible project participants / Participantes responsables del proyecto

|                                                                    |                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Architect/<br>Arquitecto proyecto básico                           | Ramón Ruiz - Cuevas Peña y Mark Beston<br>Luz y Espacio Energía Arquitectura                            |
| Implementation planning/<br>Arq. Proyecto ejecución                | Ramón Ruiz - Cuevas Peña y Mark Beston<br>Luz y Espacio Energía Arquitectura                            |
| Building systems/<br>Ingeniería instalaciones                      | Adan Hernando Senés<br>Luz y Espacio Energía Arquitectura                                               |
| Structural engineering/<br>Cálculo estructura                      | SIESA                                                                                                   |
| Building physics/<br>Físico de construcción                        | Ramón Ruiz - Cuevas Peña Adan Hernando Senés<br>Luz y Espacio Energía Arquitectura                      |
| Passive House project planning/<br>Senés<br>Projectista Passivhaus | Ramón Ruiz - Cuevas Peña, Mark Beston y Adan Hernando<br>Luz y Espacio Energía Arquitectura             |
| Construction management/<br>Dirección de obra                      | Ramón Ruiz - Cuevas Peña y Mark Beston<br>Luz y Espacio Energía Arquitectura                            |
| Certifying body/<br>Certificador edificio PH                       | Passivhaus Institut<br>Dr. Wolfgang Feist                                                               |
| Certification ID/<br>ID certificado edificio                       | Project-ID ( <a href="http://www.passivehouse-database.org">www.passivehouse-database.org</a> )<br>5698 |
| Author of project documentation /<br>Autor de la memoria           | Ramón Ruiz - Cuevas Peña y Mark Beston<br>Luz y Espacio Energía Arquitectura                            |
| Date, Signature/<br>Fecha, firma                                   | 13 de septiembre 2018                                                                                   |



## 2.1 VISTAS DE LA Casa Passiva 'FUV', VITORIA- GASTEIZ, ALAVA.



**CROQUIS ORIGINAL de CONCEPTO de DISEÑO**



**FACHADA PRINCIPAL (Orientación NORTE)**

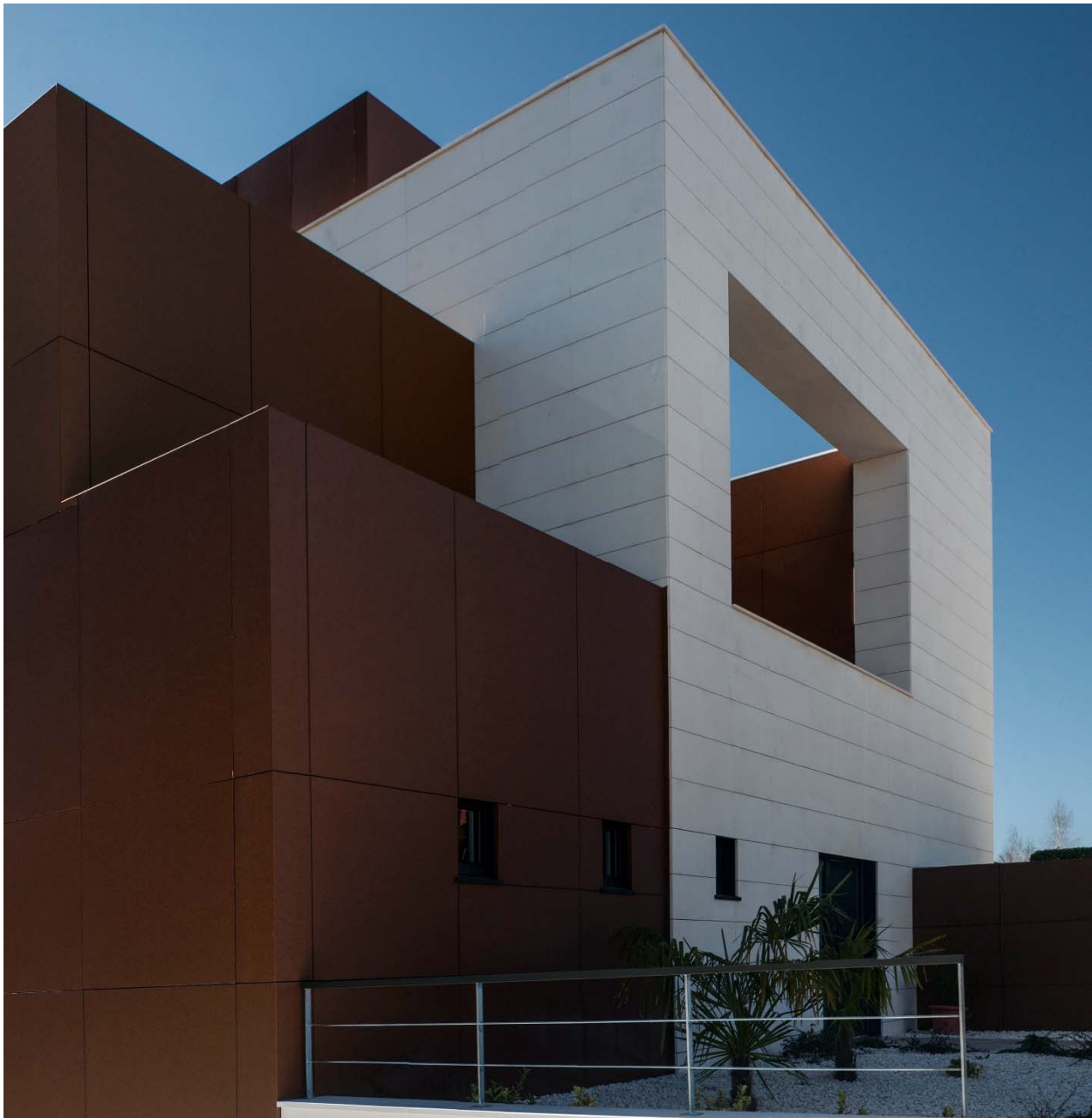


**FACHADA PRINCIPAL (Orientación NORTE)**



**FACHADA al JARDIN (Orientación SUR)**





**MATERIALES PRINCIPALES: PIEDRA BLANCA y ALUCOBOND 'COLOR CORTEN'**



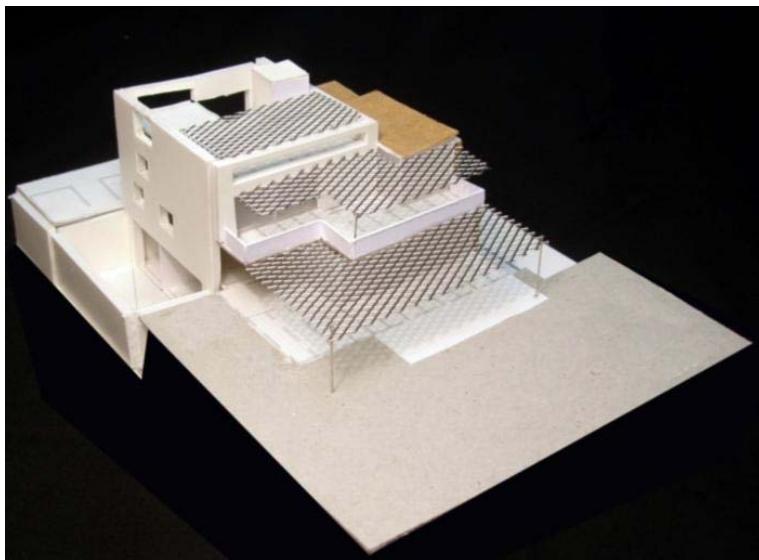
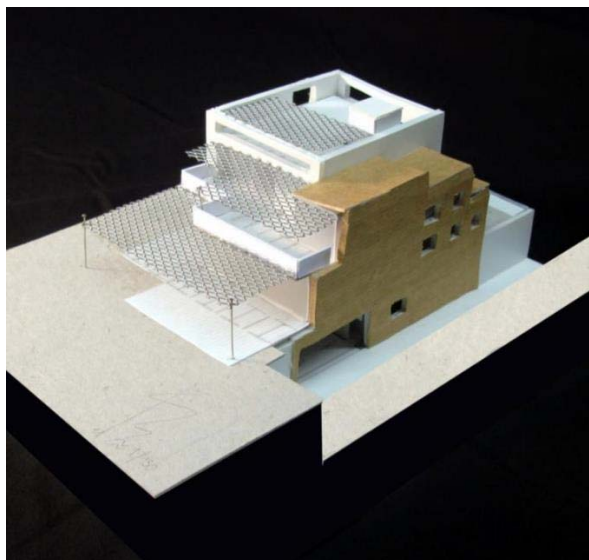
## 2.2 SITUACIÓN Y PARCELA



**UBICACIÓN: ARMENTIA, VITORIA-GASTEIZ, ALAVA, SPAIN**



### 3 DISEÑO del PROYECTO



#### MAQUETA de TRABAJO.

##### Resumen:

La casa FUV surge de la **búsqueda de una vivienda con una demanda energética muy reducida.**

La casa FUV, se acerca a este objetivo actuando desde diferentes frentes que se pueden resumir en:

**1-Diseño óptimo, adaptación al lugar y al clima.** (Arquitectura Pasiva)

**2-Alto rendimiento y eficacia de las instalaciones.** (Arquitectura Activa)

#### **3-Envolvente de altas prestaciones**

Gran aislamiento

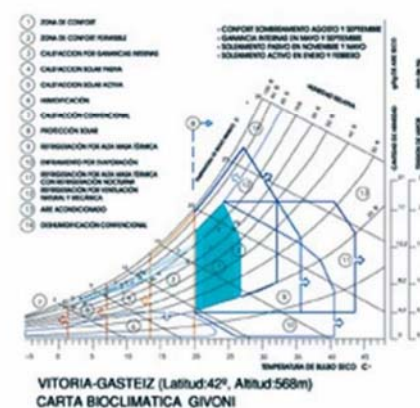
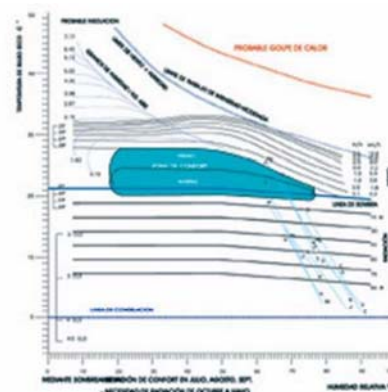
Superventanas y Control de infiltraciones

#### **4-Energías renovables**

Bomba de calor geotérmica para calefacción, y ACS además de frío pasivo para la época de refrigeración.

Utilización de la domótica para ahorrar energía.





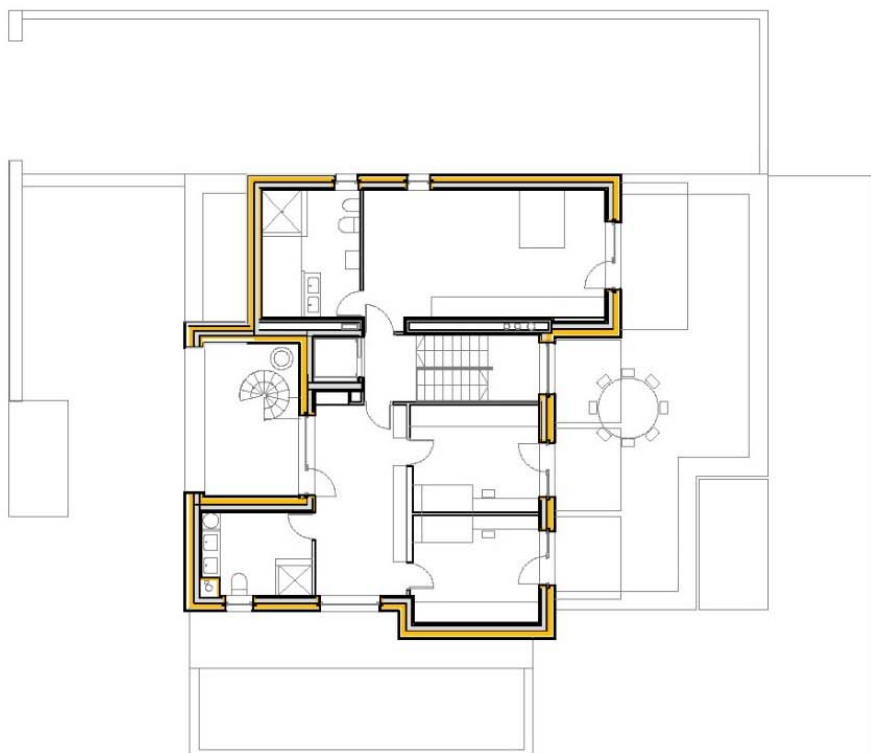
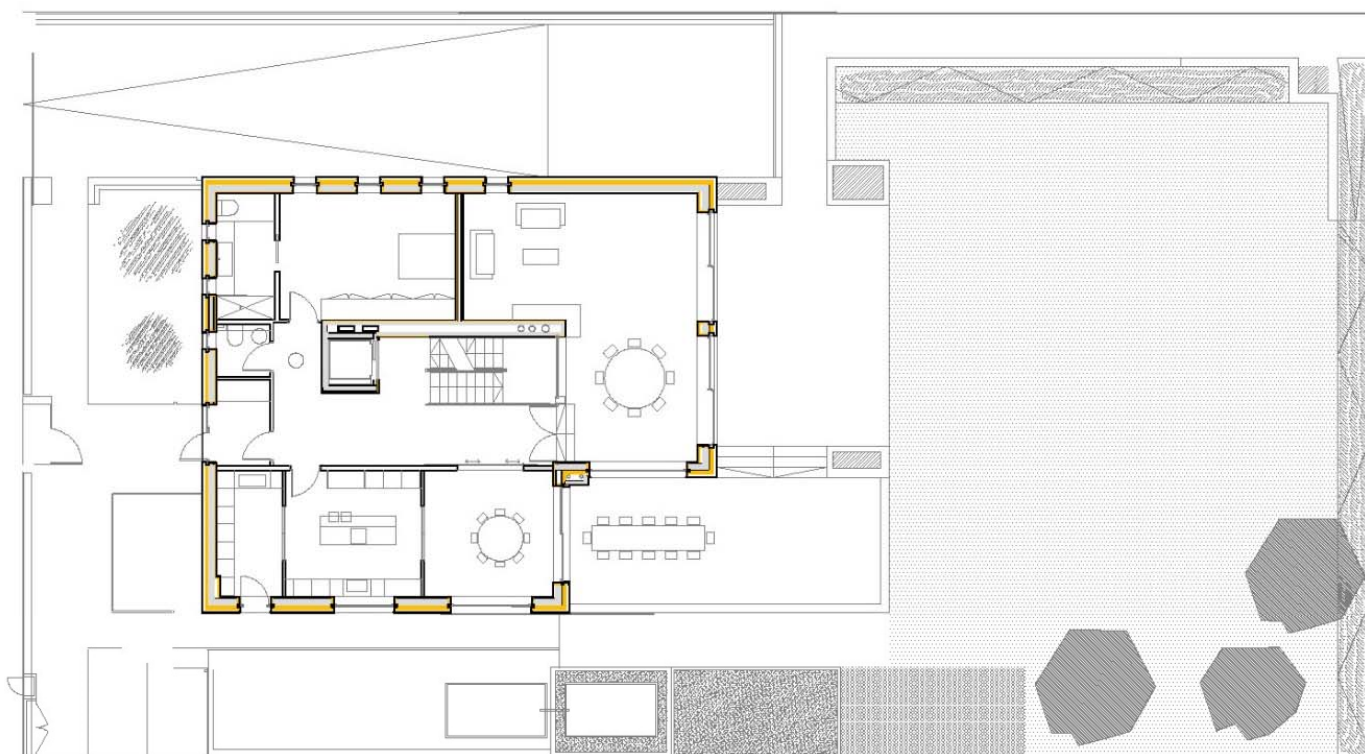
## ESTUDIO CLIMÁTICO: DIAGRAMA OLGAY y CARTA BIOCLIMÁTICA GIVONI.

El diseño de la casa FUV se ha llevado a cabo por el procedimiento de la norma de ECODISEÑO UNE 150301, actual ISO 14006. Esta norma atiende especialmente al ciclo de vida del edificio desde la extracción de sus materiales de la cantera hasta la reutilización de los mismos después de la vida útil de uso del edificio.

El origen del nombre FUV es muy sencillo ,se le ocurrió al cliente cuando le explicamos los tres principios vitrubianos, que sigue vigentes hoy en día detrás de la buena arquitectura : Firmitas Utilitas y Venustas (firmeza ,utilidad y belleza) agrupando las iniciales en latín surge el nombre.

A estas tres cualidades de la obra arquitectónica deberíamos de añadir, 2000 años después de Vitrubio , la sostenibilidad, clave para la arquitectura de este Tercer Milenio.

## 4 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO PLANTAS







Las grandes aperturas al sur están protegidas de forma que el aprovechamos la radiación solar incidente cuando nos es beneficioso. Los huecos y los espacios del programa también se disponen en función de la naturaleza circundante, las vistas, el sol, el viento norte nos dan pistas para por ejemplo situar espacios de servicio al norte y ubicar los espacios de estar servidos al sur.

## 5 SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN DETALLES y FOTOS de EJECUCIÓN

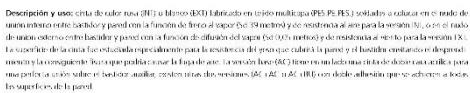


**VISTA**



**SÓTANO con AISLAMIENTO EXTERIOR, ESTRUCTURA MIXTA  
y CIERRE de TERMOARCILLA**





**Aplicación:** identificar la superficie en la cual se par la junta, la tona debe ser seca, libre de polvo y grasa. Posteriormente, sobre la rilla, mochar y cernido utilizar USB FIBREK para limpiar la superficie de trabajo, una vez cortada la junta en la longitud deseada, cubrir la superficie, adherir la superficie adhesiva en la superficie indicada y protegerla con una adecuada presión manual de manera que el pegamento lo haga el adhesivo, luego que la cinta protectora de la cinta adhesiva (FIBREK A/C) o (FIBREK B/C) cubra la cinta, en el lado superior (añadir el pegamento arriba USB en el caso de la versión A/C), pegar la superficie adhesiva en la superficie de la pared, y luego aplicar una fuerte presión con el adecuado soporte en toda la superficie de la cinta adhesiva de manera que el pegamento se adhiera totalmente.





**PREMARCOS de VENTANAS, CAPA de MORTERO y CINTAS de HERMETICIDAD**



**INSTALACIÓN de VENTANAS y su SELLADO**



**TRASDOSADO INTERIOR con AISLANTE y CAPA CONTINÚA de YESO**





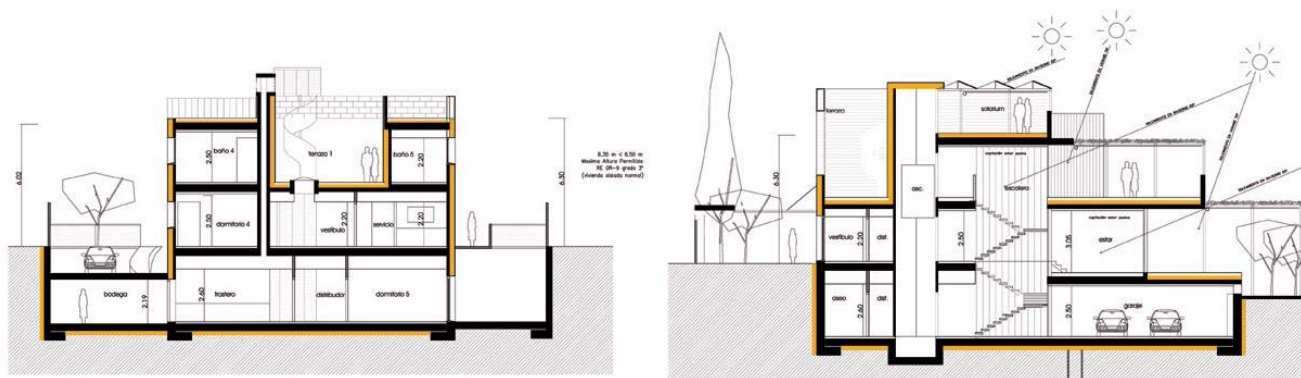
**ADAPTACIÓN de PLACAS AISLANTES XPS a CLARABOYAS, BAJANTES etc.**



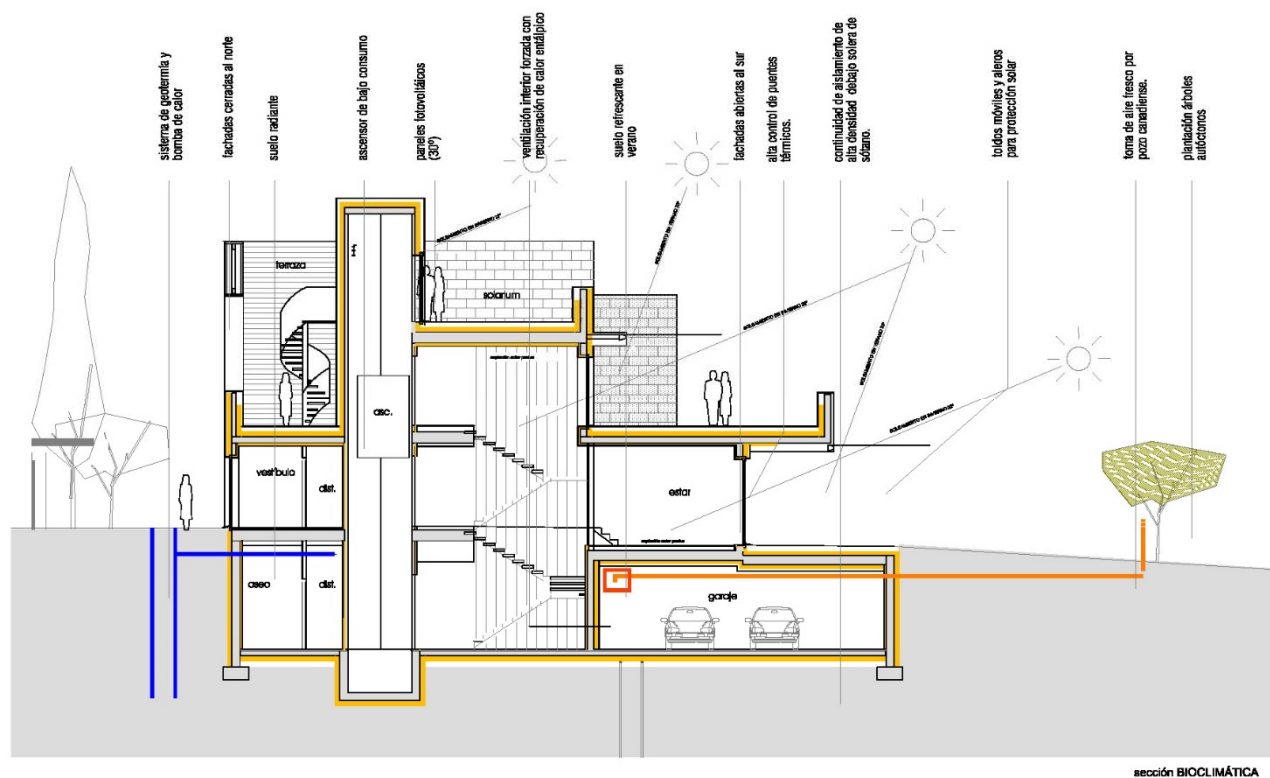


## 6 ENVOLVENTE PASSIVHAUS

### 6.1 ENVOLVENTE TÉRMICA Y VALORES DE TRANSMITANCIA “U”.



#### SECCIONES INICIALES



sección BIOCLIMÁTICA

Si queremos **reducir la demanda energética en nuestra latitud la envolvente térmica, es clave**. El volumen debe de estar perfectamente aislado de manera continua, evitando los puentes térmicos. Este aislamiento tan potente nos soluciona el problema en los elementos opacos, pero los huecos juegan un papel estelar en esta visión holística de la casa. Los vidrios son triples con doble cámara con un 90% de gas noble (argón); y dos láminas bajo emisorio con una transmitancia térmica de 0,5 W/m<sup>2</sup>K y un valor de transmitancia solar g de 0,53.

A continuación, se adjuntan los valores de transmitancias térmica correspondientes a la hoja de valores "U" del PHPP, como se puede observar existe un suplemento de transmitancia térmica debido a los perfiles de la fachada ventilada y el trasdosado de lana de roca al interior de la vivienda.:

|                                         |                                       |                                 |            |                                 |            |                                     |
|-----------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------|---------------------------------|------------|-------------------------------------|
| Nr. elem. cons.                         | Denominación de elemento constructivo |                                 |            |                                 |            | ¿Aislamiento interior?              |
| 1                                       | Fachada ventilada                     |                                 |            |                                 |            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Resistencia térmica superficial [m²K/W] |                                       | interior R <sub>si</sub> :      | 0,13       |                                 |            |                                     |
|                                         |                                       | exterior R <sub>se</sub> :      | 0,04       |                                 |            |                                     |
| Superficie parcial 1                    | λ [W/(mK)]                            | Superficie parcial 2 (opcional) | λ [W/(mK)] | Superficie parcial 3 (opcional) | λ [W/(mK)] | Espesor [mm]                        |
| 1. placa de yeso                        | 0,250                                 |                                 | 0,000      |                                 | 0,000      | 15                                  |
| 2. lana mineral                         | 0,035                                 |                                 | 0,000      |                                 | 0,000      | 60                                  |
| 3. enlucido de yeso                     | 0,300                                 |                                 | 0,000      |                                 | 0,000      | 15                                  |
| 4. termoarcilla                         | 0,280                                 |                                 | 0,000      |                                 | 0,000      | 150                                 |
| 5. mortero hidrofugo                    | 0,700                                 |                                 | 0,000      |                                 | 0,000      | 15                                  |
| 6. XPS                                  | 0,038                                 |                                 | 0,000      |                                 | 0,000      | 160                                 |
| 7.                                      |                                       |                                 | 0,000      |                                 | 0,000      |                                     |
| 8.                                      |                                       |                                 | 0,000      |                                 | 0,000      |                                     |
| Porcentaje superficie parcial 1         |                                       | Porcentaje superficie parcial 2 |            | Porcentaje superficie parcial 3 |            | Total                               |
| 100%                                    |                                       | 0,0%                            |            | 0,0%                            |            | 41,5 cm                             |
| Suplemento al valor-U                   |                                       | 0,05 W/(m²K)                    |            | Valor-U:                        |            | 0,198 W/(m²K)                       |

|                                         |                                       |                                 |            |                                 |            |                                     |
|-----------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|------------|---------------------------------|------------|-------------------------------------|
| Nr. elem. cons.                         | Denominación de elemento constructivo |                                 |            |                                 |            | ¿Aislamiento interior?              |
| 2                                       | Fachada en contacto con terreno       |                                 |            |                                 |            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Resistencia térmica superficial [m²K/W] |                                       | interior R <sub>si</sub> :      | 0,13       |                                 |            |                                     |
|                                         |                                       | exterior R <sub>se</sub> :      |            |                                 |            |                                     |
| Superficie parcial 1                    | λ [W/(mK)]                            | Superficie parcial 2 (opcional) | λ [W/(mK)] | Superficie parcial 3 (opcional) | λ [W/(mK)] | Espesor [mm]                        |
| 1. Placa de yeso                        | 0,250                                 |                                 | 0,000      |                                 | 0,000      | 15                                  |
| 2. Lana mineral                         | 0,035                                 |                                 | 0,000      |                                 | 0,000      | 60                                  |
| 3. Estructura de hormigón               | 2,300                                 |                                 | 0,000      |                                 | 0,000      | 250                                 |
| 4. XPS                                  | 0,038                                 |                                 | 0,000      |                                 | 0,000      | 160                                 |
| 5.                                      |                                       |                                 |            |                                 |            |                                     |
| 6.                                      |                                       |                                 |            |                                 |            |                                     |
| 7.                                      |                                       |                                 |            |                                 |            |                                     |
| 8.                                      |                                       |                                 |            |                                 |            |                                     |
| Porcentaje superficie parcial 1         |                                       | Porcentaje superficie parcial 2 |            | Porcentaje superficie parcial 3 |            | Total                               |
| 100%                                    |                                       |                                 |            |                                 |            | 48,5 cm                             |
| Suplemento al valor-U                   |                                       | 0,03 W/(m²K)                    |            | Valor-U:                        |            | 0,191 W/(m²K)                       |



Nr. elem. cons. Denominación de elemento constructivo

**3 Solera (contacto tierra)**

¿Aislamiento interior?

Resistencia térmica superficial  $[m^2K/W]$  interior  $R_{si}$  : **0,17**  
exterior  $R_{se}$  : **0,00**

| Superficie parcial 1            | $\lambda [W/(mK)]$ | Superficie parcial 2 (opcional) | $\lambda [W/(mK)]$ | Superficie parcial 3 (opcional) | $\lambda [W/(mK)]$ | Espesor [mm]   |
|---------------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|----------------|
| 1. solera de hormigón ali       | 2,300              |                                 | 0,000              |                                 | 0,000              | 50             |
| 2. estructura de hormigón       | 2,300              |                                 | 0,000              |                                 | 0,000              | 250            |
| 3. XPS                          | 0,038              |                                 | 0,000              |                                 | 0,000              | 160            |
| 4.                              |                    |                                 |                    |                                 |                    |                |
| 5.                              |                    |                                 |                    |                                 |                    |                |
| 6.                              |                    |                                 |                    |                                 |                    |                |
| 7.                              |                    |                                 |                    |                                 |                    |                |
| 8.                              |                    |                                 |                    |                                 |                    |                |
| Porcentaje superficie parcial 1 |                    | Porcentaje superficie parcial 2 |                    | Porcentaje superficie parcial 3 |                    | Total          |
| 100%                            |                    |                                 |                    |                                 |                    | <b>46,0</b> cm |

Suplemento al valor-U  $W/(m^2K)$  Valor-U: **0,222**  $W/(m^2K)$

Nr. elem. cons. Denominación de elemento constructivo

**4 Cubierta Grava**

¿Aislamiento interior?

Resistencia térmica superficial  $[m^2K/W]$  interior  $R_{si}$  : **0,10**  
exterior  $R_{se}$  : **0,04**

| Superficie parcial 1            | $\lambda [W/(mK)]$ | Superficie parcial 2 (opcional) | $\lambda [W/(mK)]$ | Superficie parcial 3 (opcional) | $\lambda [W/(mK)]$ | Espesor [mm]   |
|---------------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|----------------|
| 1. Placa de yeso                | 0,250              |                                 | 0,000              |                                 | 0,000              | 15             |
| 2. Lana mineral                 | 0,035              |                                 | 0,000              |                                 | 0,000              | 60             |
| 3. Estructura de hormigón       | 2,300              |                                 | 0,000              |                                 | 0,000              | 250            |
| 4. XPS                          | 0,038              |                                 | 0,000              |                                 | 0,000              | 160            |
| 5. Mortero                      | 0,700              |                                 | 0,000              |                                 | 0,000              | 50             |
| 6.                              |                    |                                 |                    |                                 |                    |                |
| 7.                              |                    |                                 |                    |                                 |                    |                |
| 8.                              |                    |                                 |                    |                                 |                    |                |
| Porcentaje superficie parcial 1 |                    | Porcentaje superficie parcial 2 |                    | Porcentaje superficie parcial 3 |                    | Total          |
| 100%                            |                    |                                 |                    |                                 |                    | <b>53,5</b> cm |

Suplemento al valor-U  $W/(m^2K)$  Valor-U: **0,159**  $W/(m^2K)$

Nr. elem. cons. Denominación de elemento constructivo

**5 Cubierta piedras**

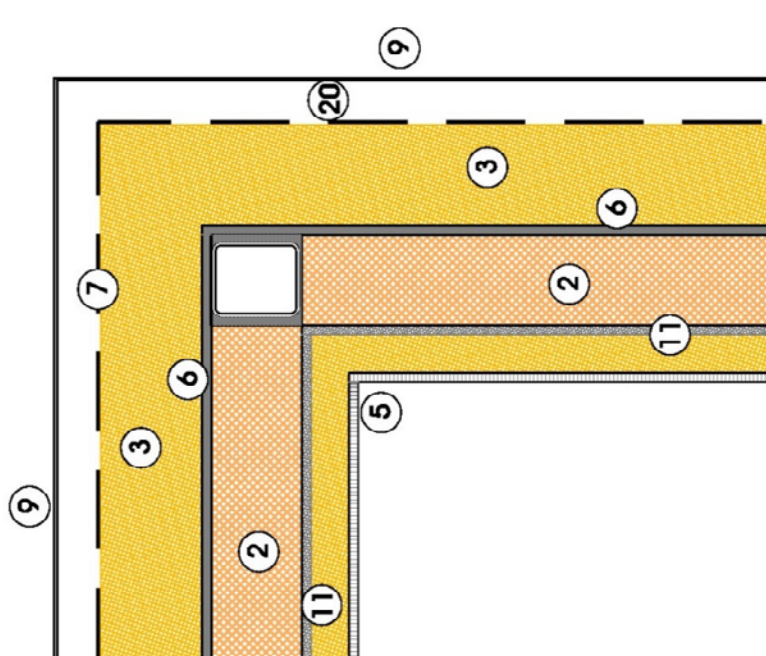
¿Aislamiento interior?

Resistencia térmica superficial  $[m^2K/W]$  interior  $R_{si}$  : **0,10**  
exterior  $R_{se}$  : **0,04**

| Superficie parcial 1            | $\lambda [W/(mK)]$ | Superficie parcial 2 (opcional) | $\lambda [W/(mK)]$ | Superficie parcial 3 (opcional) | $\lambda [W/(mK)]$ | Espesor [mm]   |
|---------------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|----------------|
| 1. Placa de yeso                | 0,250              |                                 | 0,000              |                                 | 0,000              | 15             |
| 2. lana mineral                 | 0,035              |                                 | 0,000              |                                 | 0,000              | 60             |
| 3. estructura de hormigón       | 2,300              |                                 | 0,000              |                                 | 0,000              | 250            |
| 4. XPS                          | 0,038              |                                 | 0,000              |                                 | 0,000              | 160            |
| 5. mortero                      | 0,700              |                                 | 0,000              |                                 | 0,000              | 50             |
| 6.                              |                    |                                 |                    |                                 |                    |                |
| 7.                              |                    |                                 |                    |                                 |                    |                |
| 8.                              |                    |                                 |                    |                                 |                    |                |
| Porcentaje superficie parcial 1 |                    | Porcentaje superficie parcial 2 |                    | Porcentaje superficie parcial 3 |                    | Total          |
| 100%                            |                    |                                 |                    |                                 |                    | <b>53,5</b> cm |

Suplemento al valor-U  $W/(m^2K)$  Valor-U: **0,159**  $W/(m^2K)$

## 6.2 CÁLCULO DE PUENTES TÉRMICOS.



① estructura de hormigón

① estructura de hormigón

② termoarcilla de espesor 144mm

③ aislamiento XPS de 2 placas de espesor 80mm. total 160mm.

④ aislamiento PIR de 1 placa de espesor total 110mm.

⑤ trasdosado de yeso con aislamiento de espesor total 65mm.

⑥ mortero hidrofugo de espesor total 15mm.

⑦ velo impermeable a cara exterior de aislamiento

⑧ revestimiento de piedra capri blanca, espesor 30mm.

⑨ revestimiento de alucobond, espesor 5mm.

⑩ placas de pladur para techos interiores.

⑪ enlucido de yeso, espesor 15mm

⑫ cubierta de grava de canto rodado

⑬ 2 telas bituminosas para impermeabilización de terrazas

⑭ premarcos de madera para carpinterías, 80 x 60mm

⑮ aislamiento XPS de alta resistencia a compresión, espesor 160mm.

⑯ placa aislante para suelo radiante/refrescante. espesor 25mm.

⑰ mortero de pendientes para cubiertas y terrazas

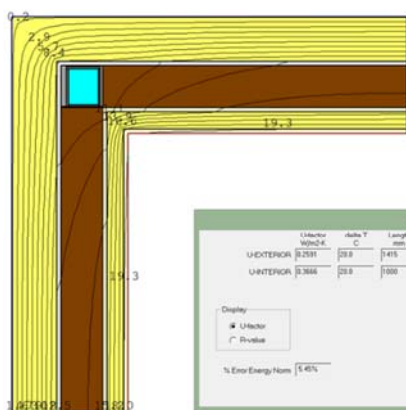
⑱ suelos interiores de ceramica. espesor 10 mm.

⑲ patinillo y chimenea de instalaciones

⑳ cámara de aire en fachada ventilada

㉑ baldosas exteriores de espesor 10 mm.

㉒ carpintería RPT de madera/aluminio con vidrio triple/gas argon



| U-Factors  |       |        |          |             |           |
|------------|-------|--------|----------|-------------|-----------|
| U-factor   | Area  | Length | Position | Projected   | Heat Flow |
| W/m²K      | m²    | m      |          | Area        | W         |
| U-EXTERIOR | 2.251 | 25.9   | 1415     | Projected V | 2.330     |
| U-INTERIOR | 2.364 | 25.9   | 1415     | Projected V | 2.329     |

Display: ☒ U-factor ☐ R-value

% Error Energy Norm: 1.45%

Export OK

### Cálculo del valor $\psi$ encuentro pilar en esquina

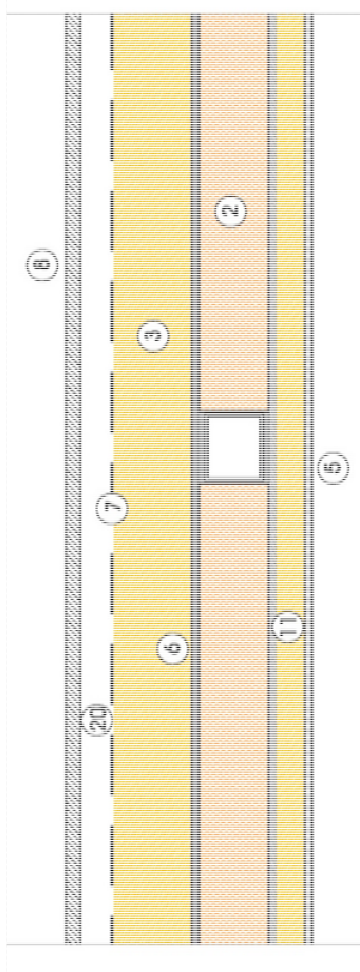
|                      |    |    |
|----------------------|----|----|
| Tª Interior          | 20 | °C |
| Tª Exterior          | 0  | °C |
| $\Delta$ temperatura | 20 | °C |

| $\phi_{ext}$ | U1 muro | U2 muro | L1 ext | L2 ext |
|--------------|---------|---------|--------|--------|
| [W]          | [W/m²K] | [W/m²K] | [m]    | [m]    |
| 7.3330       | 0.155   | 0       | 2.83   | 0      |

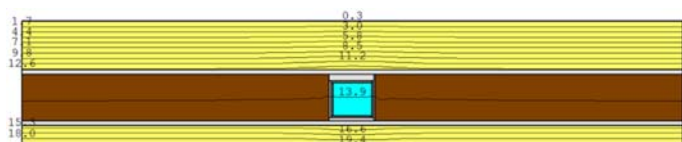
$$\psi_{ext} = -0.072 \quad [W/mK]$$

| $\phi_{int}$ | U1 muro | U2 muro | L1 int | L2 int |
|--------------|---------|---------|--------|--------|
| [W]          | [W/m²K] | [W/m²K] | [m]    | [m]    |
| 7.3329       | 0.155   | 0       | 2      | 0      |

$$\psi_{int} = 0.057 \quad [W/mK]$$



- ① estructura de hormigón
- ② termoarilla de espesor 144mm
- ③ aislamiento XPS de 2 placas de espesor 80mm. total 160mm.
- ④ aislamiento PIR de 1 placa de espesor total 110mm.
- ⑤ trasdosado de yeso con aislamiento de espesor total 65mm.
- ⑥ mortero hidrofugo de espesor total 15mm.
- ⑦ velo impermeable a cara exterior de aislamiento
- ⑧ revestimiento de piedra capit blanca, espesor 30mm.
- ⑨ revestimiento de alucobond, espesor 5mm.
- ⑩ placas de pladur para techos interiores.
- ⑪ enlucido de yeso, espesor 15mm
- ⑫ cubierta de grava de canto rodado
- ⑬ 2 telas bituminosas para impermeabilización de terrazas
- ⑭ premarcos de madera para carpinterías, 80 x 60mm
- ⑮ aislamiento XPS de alta resistencia a compresión, espesor 160mm.
- ⑯ placa aislante para suelo radiante/refrescante. espesor 25mm.
- ⑰ mortero de pendientes para cubiertas y terrazas
- ⑱ suelos interiores de cerámica. espesor 10 mm.
- ⑲ patinillo y chimenea de instalaciones
- ⑳ cámara de aire en fachada ventilada
- ㉑ baldosas exteriores de espesor 10 mm.
- ㉒ carpintería RPT de madera/aluminio con vidrio triple/gas argon



#### Cálculo del valor $\psi$ encuentro pilar

|                      |    |    |
|----------------------|----|----|
| Tª Interior          | 20 | °C |
| Tª Exterior          | 0  | °C |
| $\Delta$ temperatura | 20 | °C |

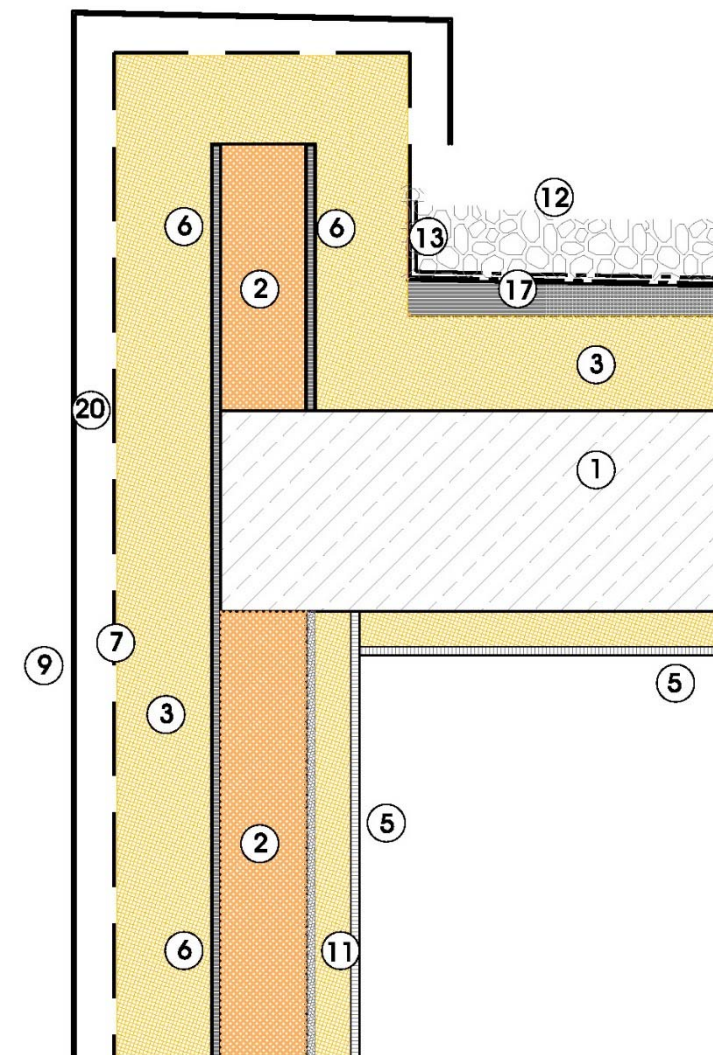
| $\phi_{ext}$<br>[W] | U1 muro<br>[W/m²K] | U2 muro<br>[W/m²K] | L1 ext<br>[m] | L2 ext<br>[m] |
|---------------------|--------------------|--------------------|---------------|---------------|
| 6.7618              | 0.155              | 0                  | 2.15          | 0             |

$$\psi_{ext} = 0.005 \quad [W/mK]$$

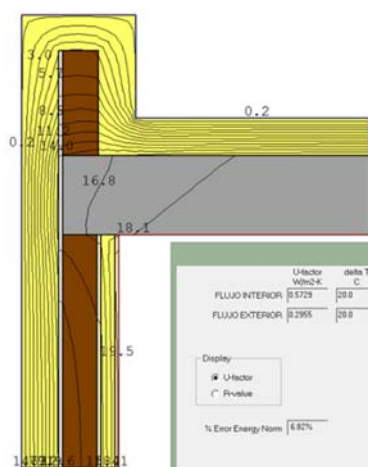
| $\phi_{int}$<br>[W] | U1 muro<br>[W/m²K] | U2 muro<br>[W/m²K] | L1 int<br>[m] | L2 int<br>[m] |
|---------------------|--------------------|--------------------|---------------|---------------|
| 6.7618              | 0.155              | 0                  | 2.15          | 0             |

$$\psi_{int} = 0.005 \quad [W/mK]$$





- ① estructura de hormigón
- ② termoarcilla de espesor 144mm
- ③ aislamiento XPS de 2 placas de espesor 80mm. total 160mm.
- ④ aislamiento PIR de 1 placa de espesor total 110mm.
- ⑤ trasdosado de yeso con aislamiento de espesor total 65mm.
- ⑥ mortero hidrofugo de espesor total 15mm.
- ⑦ velo impermeable a cara exterior de aislamiento
- ⑧ revestimiento de piedra capri blanca, espesor 30mm.
- ⑨ revestimiento de alucobond, espesor 5mm.
- ⑩ placas de pladur para techos interiores.
- ⑪ enfucido de yeso, espesor 15mm
- ⑫ cubierta de grava de canto rodado
- ⑬ 2 telas bituminosas para impermeabilización de terrazas
- ⑭ premarcos de madera para carpinterías, 80 x 60mm
- ⑮ aislamiento XPS de alta resistencia a compresión, espesor 160mm.
- ⑯ placa aislante para suelo radiante/refrescante. espesor 25mm.
- ⑰ mortero de pendientes para cubiertas y terrazas
- ⑱ suelos interiores de ceramica. espesor 10 mm.
- ⑲ patinillo y chimenea de instalaciones
- ⑳ camara de aire en fachada ventilada
- ㉑ baldosas exteriores de espesor 10 mm.
- ㉒ carpintería RPT de madera/aluminio con vidrio triple/gas argon



| U-Factors         |               |              |          |             |                |
|-------------------|---------------|--------------|----------|-------------|----------------|
| U-factor<br>W/m²K | delta T<br>°C | Length<br>mm | Rotation | Projected V | Heat Flow<br>W |
| FLUJO INTERIOR    | 0.5723        | 20.0         | 1000     | Projected V | 11.4584        |
| FLUJO EXTERIOR    | 0.2955        | 20.0         | 1939     | Projected V | 11.4583        |

Display:  
☒ U-factor  
☐ Psi-value  
 % Error Energy Norm: 6.82%

Export  
OK

#### Cálculo del valor $\psi$ cubierta empedrada

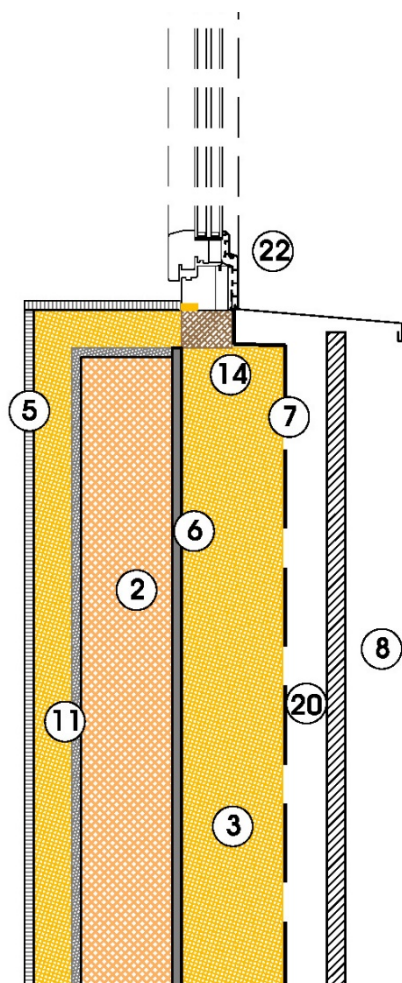
|                      |    |    |
|----------------------|----|----|
| Tª Interior          | 20 | °C |
| Tª Exterior          | 0  | °C |
| $\Delta$ temperatura | 20 | °C |

| $\phi_{ext}$<br>[W] | U1 muro<br>[W/m²K] | U2 muro<br>[W/m²K] | L1 ext<br>[m] | L2 ext<br>[m] |
|---------------------|--------------------|--------------------|---------------|---------------|
| 11.4583             | 0.155              | 0.2                | 1.939         | 1             |

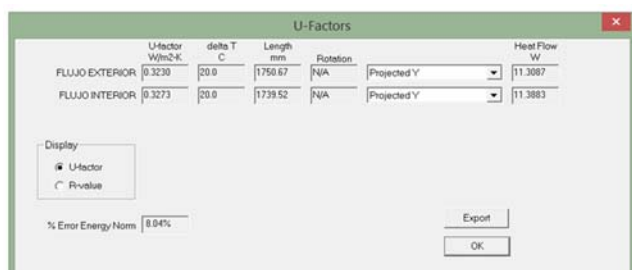
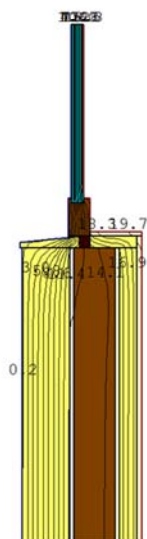
$$\psi_{ext} = 0.072 \quad [W/mK]$$

| $\phi_{int}$<br>[W] | U1 muro<br>[W/m²K] | U2 muro<br>[W/m²K] | L1 int<br>[m] | L2 int<br>[m] |
|---------------------|--------------------|--------------------|---------------|---------------|
| 11.4584             | 0.155              | 0.2                | 1             | 1             |

$$\psi_{int} = 0.218 \quad [W/mK]$$



- ① estructura de hormigón
- ② termoarcilla de espesor 144mm
- ③ aislamiento XPS de 2 placas de espesor 80mm. total 160mm.
- ④ aislamiento PIR de 1 placa de espesor total 110mm.
- ⑤ trasdosado de yeso con aislamiento de espesor total 65mm.
- ⑥ mortero hidrofugo de espesor total 15mm.
- ⑦ velo impermeable a cara exterior de aislamiento
- ⑧ revestimiento de piedra capri blanca, espesor 30mm.
- ⑨ revestimiento de alucobond, espesor 5mm.
- ⑩ placas de pladur para techos interiores.
- ⑪ enlucido de yeso, espesor 15mm
- ⑫ cubierta de grava de canto rodado
- ⑬ 2 telas bituminosas para impermeabilización de terrazas
- ⑭ premarcos de madera para carpinterías, 80 x 60mm
- ⑮ aislamiento XPS de alta resistencia a compresión, espesor 160mm.
- ⑯ placa aislante para suelo radiante/refrescante. espesor 25mm.
- ⑰ mortero de pendientes para cubiertas y terrazas
- ⑱ suelos interiores de ceramica. espesor 10 mm.
- ⑲ patinillo y chimenea de instalaciones
- ⑳ cámara de aire en fachada ventilada
- ㉑ baldosas exteriores de espesor 10 mm.
- ㉒ carpintería RPT de madera/aluminio con vidrio triple/gas argon



#### Cálculo del valor $\psi$ carpintería sección

|                      |    |    |
|----------------------|----|----|
| Tª Interior          | 20 | °C |
| Tª Exterior          | 0  | °C |
| $\Delta$ temperatura | 20 | °C |

| $\phi_{ext}$<br>[W] | U1 muro<br>[W/m²K] | U2 muro<br>[W/m²K] | L1 ext<br>[m] | L2 ext<br>[m] |
|---------------------|--------------------|--------------------|---------------|---------------|
| 11.3087             | 0.155              | 1.1                | 1             | 0.71335       |

$$\psi_{ext} = -0.374 \text{ [W/mK]}$$

| $\phi_{int}$<br>[W] | U1 muro<br>[W/m²K] | U2 muro<br>[W/m²K] | L1 int<br>[m] | L2 int<br>[m] |
|---------------------|--------------------|--------------------|---------------|---------------|
| 11.3883             | 0.155              | 1.1                | 1             | 0.71335       |

$$\psi_{int} = -0.370 \text{ [W/mK]}$$





**AISLAMIENTO XPS (160MM) y BARRERA en ENVOLVENTE EXTERIOR**





## 6.3 ENVOLVENTE DE HERMETICIDAD PASSIVHAUS

La hermeticidad de la vivienda se realiza de la siguiente forma:

**Hermeticidad exterior:** se une la lámina impermeable proveniente de la losa en contacto con el terreno a la lámina de hermeticidad situada en la línea del aislamiento mediante cintas. Esta lámina es impermeable al aire y permeable al vapor. Se encintan todas las perforaciones realizadas en ella para el paso de los perfiles de la fachada ventilada.

**Hermeticidad interior:** se encintan todas las esquinas y puntos débiles en la cara interior de la termoarcilla, a continuación, se enlucen con yeso toda la fachada y techos en contacto con la cubierta. Las ventanas se ejecutan sobre los premarcos y se encintan contra la termoarcilla. Sobre la cinta se vuelve a cubrir de nuevo con el yeso.



|                                                 | Results | 95% Confidence Interval |        | Uncertainty |
|-------------------------------------------------|---------|-------------------------|--------|-------------|
| Air flow at 50 Pa, $q_{50}$ [m³/h]              | 902,0   | 889,0                   | 916,0  | +/-1,5%     |
| Air changes at 50 Pa, $n_{50}$ [1/h]            | 0,5935  | 0,5335                  | 0,6535 | +/-10,1%    |
| Permeability at 50 Pa, $q_{50}$ [m³/(h·m²)]     | 0,903   | 0,812                   | 0,994  | +/-10,1%    |
| Specific leakage at 50 Pa, $l_{50}$ [m³/(h·m²)] | 1,905   | 1,712                   | 2,098  | +/-10,1%    |

## PRUEBAS DEL TEST BDT Y AJUSTES REALIZADOS

Se realizaron dos teses de la hermeticidad durante el proceso de obra,

Estado del edificio en el primer test:

- Aislamiento y lámina exterior antihumedad ejecutada.
- Carpinterías instaladas y selladas.
- Enlucido de yeso por el interior y cintado de uniones estancas, realizado.
- Tapado y sellado de los conductos de instalaciones de ventilación, saneamiento electricidad y fontanería que quedan abiertos.

El resultado de la prueba fue de 0,59 renovaciones/hora a n50.

Estado del edificio en el segundo test:

- Revestimiento fachada ventilada ejecutado,
- Aislamiento y trasdosado interior ejecutado.
- Instalaciones de ventilación, electricidad, saneamiento y fontanería ejecutadas.

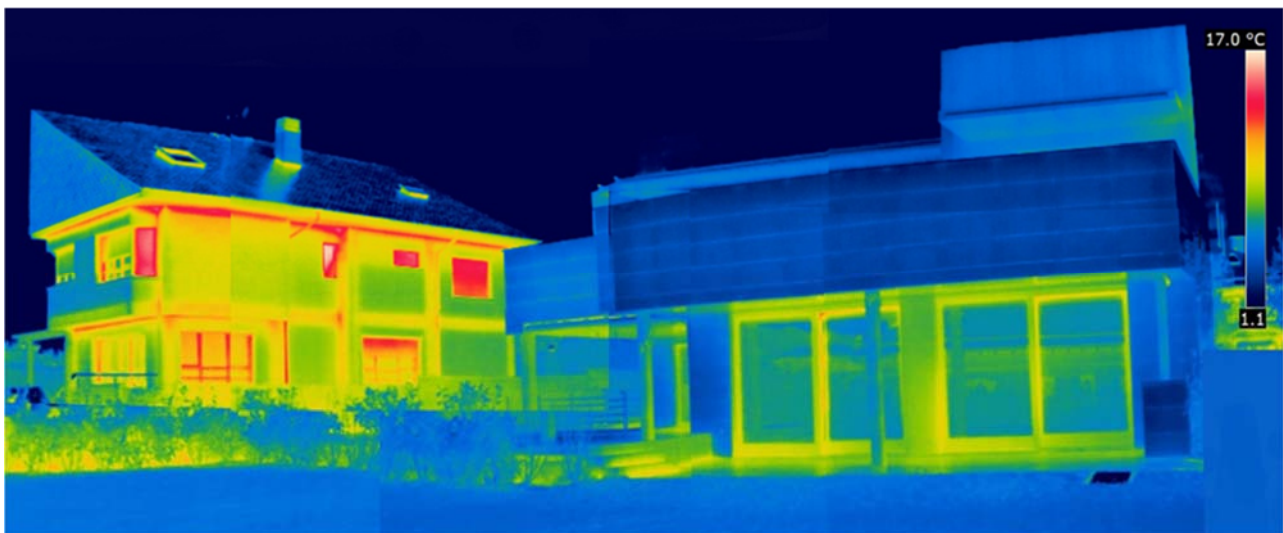
El resultado de esta prueba fue idéntico al anterior con un valor de 0,59 renovaciones/hora a n50.

**Conclusiones:** se realizan dos teses puerta sopladora en la vivienda durante el proceso de obra. El resultado final de ésta prueba ha sido un valor de tasa de infiltración n50 (50 Pascales de depresión) de 0,59 renovaciones/hora. Con un caudal infiltrado total de 874 m3. Resultado acorde con la exigencia límite de 0,6 renovaciones/hora.



### **COMPARACIÓN ENTRE CASA FUV (PASSIVHAUS) Y VIVIENDA COLINDANTE CONSTRUCCIÓN TRADICIONAL**

En la siguiente termografía, se muestra el resultado del conjunto de las actuaciones en la envolvente. y la hermeticidad de la vivienda. Se observa una clara diferencia de pérdida de calor por transmisión respecto a la vivienda colindante.





## 7 INSTALACIONES

Las instalaciones tienen muchísima importancia: su correcto dimensionamiento; su eficacia, su alto rendimiento y la correcta regulación y control mediante la domótica. En el diseño se han tenido en cuenta desde el principio el global de las instalaciones de la vivienda.

**En la casa FUV se reserva un espacio central a modo de patinillo registrable que albergará las conducciones hidráulicas, eléctricas y de ventilación forzada.**

### VENTILACIÓN

Con el fin de garantizar la calidad del aire interior en la vivienda, se realiza una instalación de ventilación con recuperación de calor mediante dos equipos Siber DF Excellent conectados en cascada. Estos equipos disponen de certificado acorde al instituto Passivhaus.

La admisión de aire, se realiza mediante un “pozo canadiense” construido mediante un tubo de polietileno el cual realiza un trazado en “z” a 3 metros de profundidad en el jardín de la vivienda.

Los equipos, se sitúan en la sala de instalaciones la cual se encuentra dentro de la envolvente térmica. Los conductos de admisión y extracción van completamente aislados hasta su salida de la envolvente térmica. Los conductos de admisión y extracción se realizan mediante un trazado de conductos desde la sala de instalaciones hasta las bocas.

El aire se extrae en locales húmedos (cocina, baño, sala lavado) y se impulsa en los secos (salas de estar y habitaciones).





## CLIMATIZACIÓN Y ACS

El sistema de climatización y ACS, se realiza mediante una bomba de calor geotérmica inverter de la marca ECOGEO y modelo ecoCEO C1.

Los pozos de captación, se han realizado con dos perforaciones a 120 metros de profundidad. Ambos pozos se encuentran anexos a la vivienda con una separación de estos de 120 metros.

El sistema emisor de calefacción es un suelo radiante. El sistema de control se realiza mediante un termostato por planta, por espacio para obtener las condiciones de uso óptimas en cada momento.

Durante la época estival, el equipo dispone la capacidad de generar frío pasivo cediendo energía al terreno y haciendo un bypass al circuito frigorífico de la bomba de calor. Esto nos permite aprovechar una pequeña potencia para los días más calurosos del verano. La temperatura de impulsión de este frío pasivo es siempre mayor a la de saturación o de rocío que hay dentro de la vivienda. Eliminando así cualquier riesgo de aparición de agua condensada en la superficie emisora.

El ACS de la vivienda lo produce contra un depósito de acumulación el cual tiene incorporado el propio equipo y de ahí mediante conexiones hidráulicas llega hasta los puntos de consumo.



**BOMBA CALOR GEOTÉRMICA ECOGEO C1**



## **8 CONCLUSION GENERAL DEL GLOBAL DEL PROYECTO.**

El proyecto de esta vivienda comenzó en el año 2010, momento en el cual se empezaban a dar los primeros pasos de la construcción pasiva en España.

Fue un desafío y una ardua tarea convencer y formar a todos los gremios en estos nuevos conceptos constructivos.

Ha sido un reto para todo el equipo proyectar, construir y llegar a certificar nuestra primer edificio con estándar passivhaus.

La recompensa es que los clientes están contentos y viven en una casa más sana, confortable, ahorradora y ecológica.

## **9      LOS COSTOS DE CONSTRUCCIÓN**

El ratio aproximado de los costos globales de la vivienda ha sido de 1950€/m<sup>2</sup>.