

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGIA  
INDUSTRIAL

## TRABAJO FIN DE GRADO

*DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE  
UNA VIVIENDA BIOCLIMÁTICA*

**Alumno:** Irache Cabello, Iñigo

**Director:** Del campo Diaz, Victor Jose

**Curso:** 2017-2018

**Fecha:** <23 Julio 2018 >

## Contenido

|   |    |
|---|----|
| Resumen.....                                  | 4  |
| Abstract.....                                 | 4  |
| Laburpena.....                                | 4  |
| Índice de ilustraciones.....                  | 5  |
| Índice de tablas.....                         | 5  |
| 1. Introducción .....                         | 7  |
| 2. Contexto.....                              | 8  |
| 2.1 Impacto ambiental de la construcción..... | 8  |
| 2.2 Arquitectura bioclimática .....           | 8  |
| 2.3 La vivienda y su entorno .....            | 9  |
| 2.3.1Climatología.....                        | 9  |
| 2.3.2 Estudio geotécnico.....                 | 11 |
| 3. Objetivos y Alcance .....                  | 12 |
| 4. Beneficios del proyecto .....              | 13 |
| 4.1 Beneficio económico.....                  | 13 |
| 4.2 Beneficio en el confort .....             | 13 |
| 4.3 Beneficio medioambiental .....            | 13 |
| 5. Análisis inicial de la vivienda.....       | 14 |
| 5.1 Envolverte térmica.....                   | 14 |
| 5.1.2 Cerramientos opacos.....                | 14 |
| 5.1.2 Huecos y lucernarios:.....              | 16 |
| 5.2 Iluminación.....                          | 17 |
| 5.3 Ventilación .....                         | 17 |
| 6. Demanda energética de la vivienda .....    | 18 |
| 6.1 Consumo eléctrico de la vivienda.....     | 18 |
| 6.2 Demanda de ACS:.....                      | 19 |
| 6.3 Demanda de calefacción .....              | 19 |
| 6.3.1 Ventilación: .....                      | 20 |
| 6.3.2 Envolverte térmica:.....                | 21 |
| 6.3.3 Huecos y lucernarios.....               | 22 |

|   |    |
|---|----|
| 6.3.4 Ganancias debido a la radiación solar en los huecos y ventanas: ..... | 23 |
| 7. Mejoras para reducir la demanda energética.....                          | 26 |
| 7.1 Recuperador de calor:.....  | 26 |
| 7.2 Cambios en la envolvente.....   | 27 |
| 8. Análisis de alternativas.....  | 31 |
| 8.1 Energía solar .....   | 31 |
| 8.1.1 Energía solar térmica .....   | 31 |
| 8.1.2 Energía solar fotovoltaica .....                                      | 32 |
| 8.2 Energía eólica .....  | 33 |
| 8.3 Bombas de calor.....  | 34 |
| 8.4 Biomasa .....   | 35 |
| 8.5 Micro-Cogeneración.....   | 35 |
| 9. Selección de la solución .....   | 36 |
| 9.1 Comparativa alternativas.....   | 36 |
| 9.2 Dimensionado de las instalaciones .....                                 | 41 |
| 9.2.1 Instalación solar térmica .....                                       | 41 |
| 9.2.2 Apoyo de ACS.....   | 42 |
| 9.2.3 Aerotermo .....   | 42 |
| 9.2.4 Instalación fotovoltaica.....   | 43 |
| 10. Estudio económico .....   | 44 |
| 11. Conclusiones.....   | 47 |
| 12. Referencias .....   | 50 |
| Anexo 1: Normativa aplicable.....   | 51 |
| Anexo 2: Planos vivienda .....  | 53 |
| Anexo 3: Presupuesto .....  | 56 |
| Anexo 4: Catálogos y fichas técnicas.....                                   | 57 |

## Resumen

En este trabajo se desarrolla la idea de la rehabilitación y el diseño de las instalaciones de una vivienda situada en el municipio de Mungia, Bizkaia. Haciendo uso de criterios de diseño bioclimático como el confort, la eficiencia y la sostenibilidad en la vivienda.

A partir de un estudio inicial tanto del entorno como de la estructura de la casa, se realizarán los cálculos de la demanda energética de la misma. Tras la implementación de las mejoras se volverá a calcular y se compararán.

Se analizarán las diferentes alternativas y se seleccionarán las más adecuadas para el suministro energético de la vivienda. Tratando de que estas provengan de fuentes energéticas renovables pero siempre aplicando criterios de eficiencia y ahorro económico.

## Abstract

In this work is developed the idea of the rehabilitation and the design of the facilities of a house located in the village of Mungia, Bizkaia. Making use of bioclimatic design criteria such as comfort, efficiency and sustainability in the home.

From an initial study of both the environment and the structure of the house, the calculations of the energy demand of the same will be carried out. After the implementation of the improvements, it will be recalculated and compared.

The different alternatives will be analyzed and the most suitable ones will be selected for the energy supply of the house. Trying that these come from renewable energy sources but always applying criteria of efficiency and economic savings.

## Laburpena

Hondorengo ikerketaren helburua, Mungian (Bizkaia) kokatuta dagoen etxebizitza baten instalazioen birgaitzea eta diseinua garatzea da. Hau aurrera eramateko diseinu bioklimatikoaren irizpideak jarraituko ditugu hala nolanda etxebizitzaren erosotasuna, erangikortasuna eta iraunkortasuna.

Lehenengo etxebizitzaren estrukturan baita inguruaren ikasketa bat egingo da eta lortutako datuekin beharrezkoa den eskaera energetikoa lortzen da. Hobekuntzen inplementazioa eta gero kalkuluak berriro ere egingo dira eta konporatuko ditugu.

Horrela, eta egindako lana aintzat hartuta, aukera guztaik kontuan hartuz etxebizitzaren horniketa energetikoarentzat aproposena aukeratuko da. Sahiatuko da haien jatorria iturri energetiko berriztagarrietatik etortzea, baita efizientzia eta aurrezki ekonomikoaren irizpideak kontuan hartuz

## Índice de ilustraciones

|  |    |
|--|----|
| Ilustración 1: Ciclo de vida de un edificio .....          | 8  |
| Ilustración 2: Vivienda bioclimática .....                 | 9  |
| Ilustración 3: Precipitaciones anuales en Mungía .....     | 10 |
| Ilustración 4: Rosa de los vientos de Mungía .....         | 11 |
| Ilustración 5: Alzados Sureste y Noroeste .....            | 14 |
| Ilustración 6: Caudales de ventilación CTE .....           | 20 |
| Ilustración 7: Recuperador de calor.....                   | 26 |
| Ilustración 8: Cubierta ajardinada Urban Escape .....      | 28 |
| Ilustración 9: Comparativa demandas.....                   | 30 |
| Ilustración 10: Instalación solar térmica .....            | 31 |
| Ilustración 11: Instalación solar fotovoltaica .....       | 33 |
| Ilustración 12: Bomba de calor .....                       | 34 |
| Ilustración 13: Distribución de costes .....               | 44 |
| Ilustración 14: Comparativa inversión rehabilitación ..... | 44 |

## Índice de tablas

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1: Materiales muro fachada .....               | 15 |
| Tabla 2: Materiales cubierta con terraza.....        | 15 |
| Tabla 3: Materiales cubierta inclinada .....         | 16 |
| Tabla 4: Materiales piso inferior .....              | 16 |
| Tabla 5: Reparto bombillas vivienda.....             | 18 |
| Tabla 6: Consumo eléctrico vivienda .....            | 18 |
| Tabla 7: Número de personas vivienda .....           | 19 |
| Tabla 8: Consumo anual ACS .....                     | 19 |
| Tabla 9: Perdidas por ventilación.....               | 21 |
| Tabla 10: Transmitancia muros de fachada .....       | 21 |
| Tabla 11: Transmitancia cubiertas .....              | 21 |
| Tabla 12: Transmitancia suelos .....                 | 22 |
| Tabla 13: Calculo transmitancia ventanas.....        | 22 |
| Tabla 14: Perdidas envolvente térmica .....          | 23 |
| Tabla 15: Calculo factor corrector.....              | 23 |
| Tabla 16: Irradiación anual vivienda.....            | 24 |
| Tabla 17: Calor generado por ocupación anual .....   | 25 |
| Tabla 18: Demanda de calefacción anual.....          | 25 |
| Tabla 19: Perdidas ventilación con recuperador ..... | 27 |
| Tabla 20: Nueva demanda anual de calefacción .....   | 29 |
| Tabla 21: Consumo aerotermo opción 1.....            | 37 |
| Tabla 22: Consumo aerotermo opción 2 .....           | 38 |
| Tabla 23: Paneles necesarios según opción.....       | 39 |

---

|   |    |
|---|----|
| Tabla 24: Consumo caldera de biomasa.....                             | 40 |
| Tabla 25: Comparativa inversión opciones 2 y 3.....                   | 40 |
| Tabla 26: Comparativa de consumos opción 2 y 3.....                   | 40 |
| Tabla 27: %Cubierto instalación solar térmica según orientación ..... | 41 |
| Tabla 28: Ahorro económico tras rehabilitación .....                  | 45 |
| Tabla 29: Costes iniciales.....                                       | 46 |
| Tabla 30: Consumos anuales por instalación.....                       | 46 |
| Tabla 31: Coste anual según instalación .....                         | 46 |

## 1. Introducción

La idea de arquitectura bioclimática surge de la necesidad de realizar construcciones que se integren en su entorno y no lo perjudiquen, a partir de conceptos como la eficiencia, la sostenibilidad y el confort. Se desarrolla una idea de diseño que trata de optimizar los recursos disponibles en su entorno.

En este proyecto lo que se quiere conseguir es implementar estos conceptos de diseño bioclimático en una vivienda ya construida, para que mediante una pequeña rehabilitación y un cambio en las instalaciones de obtención de energía se obtenga una nueva vivienda que refleje los conceptos de la Arquitectura bioclimática.

A partir de un análisis inicial de la vivienda de su estructura, su demanda energética, su disposición, y las posibilidades. Se realizan una serie de mejoras para el edificio sin alterar su disposición inicial en exceso. Para ello, a partir del entorno de la vivienda, los recursos disponibles y las posibilidades reales de instalación, se analizaran todas las alternativas disponibles de diseño para la vivienda y se seleccionara la más adecuada, teniendo siempre en cuenta los conceptos anteriormente mencionados.

Con todo esto y la alternativa seleccionada se concretaran los sistemas a utilizar eligiendo los equipos más adecuados y dimensionándolos correctamente. Se deberán tomar en consideración los precios y los rendimientos de los equipos.

Por último se realizara un análisis económico de la propuesta técnica realizada y se comparara con un sistema convencional para obtener su rentabilidad. Con todo esto se obtendrán unas conclusiones acerca del proyecto y del concepto de Arquitectura bioclimática como tal.

## 2. Contexto

La relación del ser humano con su entorno, con las materias primas y recursos se ha dado desde que este habita el planeta tierra. Sin embargo el interés del hombre por lograr un gran desarrollo de la civilización ha desembocado en un modelo de aprovechamiento de los recursos que resulta en muchos casos nocivo para la vida en el planeta.

A modo de respuesta a esta situación se han desarrollado técnicas y estrategias en la mayoría de las actividades con impacto sobre el medio ambiente para tratar de minimizarlo. El sector de la vivienda o de la construcción es uno de los más relevantes respecto a la emisión de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes. Es por ello que se han lanzado iniciativas Europeas con el objetivo de reducir las emisiones de las viviendas drásticamente.

### 2.1 Impacto ambiental de la construcción

El impacto ambiental producido por las viviendas no solo se reduce a las posibles emisiones que se producen por su uso. A lo largo del ciclo de vida de los edificios existen actividades cuyo impacto no se debe obviar.



Ilustración 1: Ciclo de vida de un edificio

Podemos considerar entonces que un edificio o vivienda sostenible es no solo un edificio eficiente energéticamente y con una adaptación respetuosa con el medio que le rodea, sino que también hace uso de materiales reciclables o de extracción poco contaminante y se adapta su entorno sin perjudicarlo.

### 2.2 Arquitectura bioclimática

La arquitectura bioclimática consiste en el diseño de edificios que aprovechan los recursos naturales de su entorno próximo para conseguir una mayor eficiencia, reducir el uso de fuentes de energía externa y ofrecer un alto grado de confort en la vivienda.

La principal capacidad de los edificios bioclimáticos es la de adaptarse a su propio entorno existiendo gran cantidad de soluciones constructivas en función de las posibilidades que oferta el propio entorno.

El principal objetivo es el de a través de un diseño constructivo óptimo reducir el aporte de energía en forma de calefacción o refrigeración de la vivienda. Esto se consigue con un diseño que permita reducir cualquier pérdida de calor ya sea por infiltraciones de aire exterior o por muros o ventanas que no retienen el calor de su interior. Las ganancias de calor que produce la radiación solar son fundamentales para reducir las aportaciones de calor externas siendo la orientación del edificio un punto clave del diseño. El aprovechamiento de la luz solar será también útil para reducir el consumo eléctrico de la vivienda.

Una vez conseguido reducir el aporte de energías externas al mínimo posible se trata de que estas energías sean renovables y provengan del entorno cercano de la vivienda en su mayoría. Se podrán considerar energías como la geotermia, la solar fotovoltaica o térmica, la eólica y la biomasa entre otras.

Con todo esto se consigue en primer lugar que las emisiones directas de los edificios se reduzcan a cero y que el consumo de electricidad proveniente de la red se minimice. Pudiéndose llegar a situaciones óptimas en las que el consumo eléctrico de la vivienda sea totalmente abastecido por las instalaciones de la misma y que el consumo de calefacción sea reducido casi al mínimo.



Ilustración 2: Vivienda bioclimática

## 2.3 La vivienda y su entorno

La vivienda sobre la que se va a realizar el proyecto está situada en Munguía. Un municipio de la provincia de Bizkaia situado a poca distancia de la ciudad de Bilbao y de la costa del Cantábrico.

La vivienda no se encuentra situada en el núcleo urbano del municipio sino que lo hace en una zona más exterior cercana a un pequeño bosque. Por ello se considera que la adaptación a su entorno es fundamental para no alterarlo.

### 2.3.1 Climatología

En este apartado se hará un breve estudio de las características principales del clima de la zona que luego serán fundamentales para la elección y dimensionamiento de las

instalaciones del edificio a partir de los datos de los datos entregados por la página de Meteoblue.[1]

Según la clasificación establecida por el CTE la localidad de Mungia en la que se encuentra la casa esta se encuentra en la zona climática C1. La clasificación según zonas climáticas se realiza mediante un cálculo de la severidad del clima tanto en verano como en invierno. Siendo la zona climática C1 de severidad media en invierno y de severidad baja en verano, lo cual se analizara ahora con más detalle.

### Temperatura.

Como se ha mencionado anteriormente el clima de Mungia no es extremo en ninguna época del año y se caracteriza por temperaturas máximas y mínimas con escasa diferencia entre ellas. La media en invierno se encuentra sobre los 9,5°C y en verano estaría sobre los 19°C. Las temperaturas mínimas en verano serán de 15°C y en invierno de 6,5°C. Mientras que las máximas serian de 23°C y 12,5°C respectivamente.

### Precipitaciones

Las precipitaciones son considerables en la zona dándose a lo largo de todo el año y sin existir meses secos. La mayor cantidad de lluvia se daría en el mes de diciembre con unos 160mm de precipitación que en su gran mayoría será en forma de lluvia o granizo siendo las nevadas casi inexistentes a lo largo de un año. El mínimo de precipitación sería en el mes de Julio con unos 48mm.

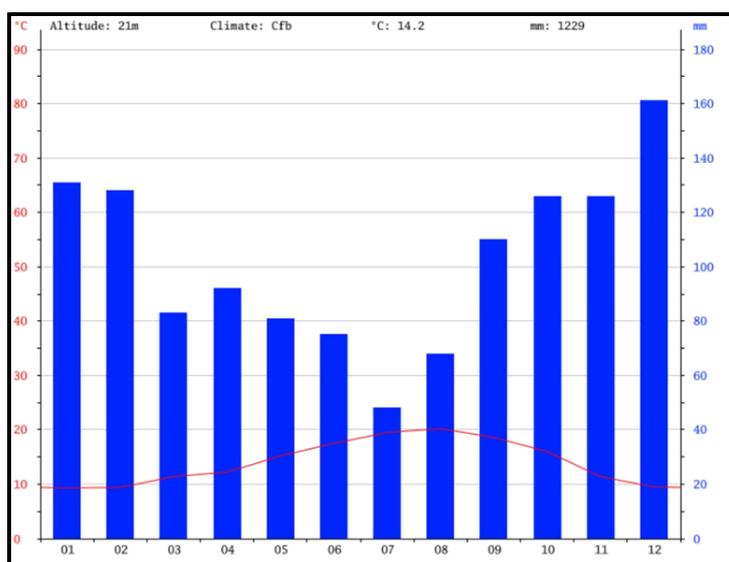


Ilustración 3: Precipitaciones anuales en Mungia

### Radiación solar

Los valores de radiación solar para esta zona no son muy elevados debido a la gran cantidad de días que el cielo se encuentra nublado o parcialmente nublado. Se obtendrían valores medios en invierno de unos 2.2 (kWh/m<sup>2</sup>) y de unos 5.5 (kWh/m<sup>2</sup>) en verano ambos sobre el plano horizontal.

### Viento

Respecto al viento de la zona se observa que este es moderado durante la gran mayoría del año con valores promedio de unos 12km/h y con una dirección predominante del Oeste.

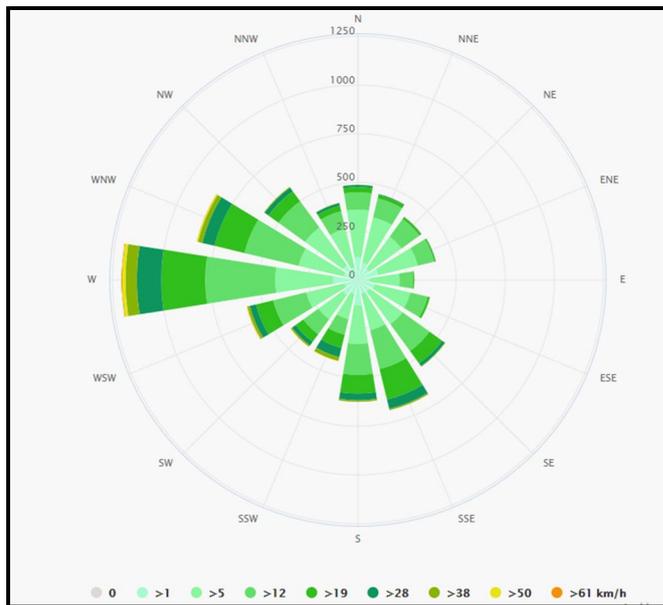


Ilustración 4: Rosa de los vientos de Mungía

### 2.3.2 Estudio geotécnico

La parcela en la que se encuentra la vivienda está recubierta por materiales pertenecientes al Cretácico Superior y más concretamente al Cenomaniense : Tramo calcáreo y Basaltos. La parcela tiene una pendiente inferior a 15 ° en la zona de edificación, no se observan signos de inestabilidad de ladera.

En la parcela se diferencian 2 niveles geotécnicos:

Nivel 1: Suelo de alteración y relleno. Espesor de este nivel máximo localizado es de 0.8 m y su excavación es relativamente fácil de realizar por medios convencionales.

Nivel 2: Areniscas y lutitas estratificadas en finas capas y alterada su excavación se considera de cierta dificultad, requiriéndose el empleo del martillo rompedor.

### 3. Objetivos y Alcance

El objetivo principal de este trabajo es realizar el diseño de las instalaciones bioclimáticas de una vivienda construida en el municipio Bizkaino de Munguía. Partiendo de un edificio de reciente construcción se tratará de buscar las soluciones óptimas de diseño que permitan que este alcance un alto grado de sostenibilidad y eficiencia.

Debido a que el edificio es de reciente construcción este ha sido diseñado originalmente bajo criterios de eficiencia energética acorde con elCTE: “Código técnico de la edificación”. Es por ello que el trabajo se centrará en a partir de la estructura original y sin realizar grandes cambios en su disposición tratar de mejorar la eficiencia del mismo con pequeñas modificaciones e introduciendo principalmente energías renovables como fuentes de energía de la vivienda.

Se comenzará con un análisis de las condiciones meteorológicas de la zona en la que se encuentra la vivienda. Con estas y con los componentes estructurales del mismo se calculará la demanda de calefacción y de ACS (Agua caliente sanitaria) que este requiere para alcanzar el confort térmico adecuado en la casa. Se analizará también si fuese necesaria la instalación de un sistema de refrigeración.

A continuación se introducirá una serie de mejoras en la vivienda que sin suponer grandes cambios en la estructura consigan una mejora de la eficiencia energética de la vivienda. Se tratará que las mejoras no alteren la sostenibilidad de la vivienda basándose en criterios de la arquitectura bioclimática. También se tratará de optimizar los sistemas de iluminación y ventilación de la misma si fuese necesario.

Posteriormente se considerará a partir de la nueva demanda energética las diferentes alternativas existentes para conseguir que esta se cubra a partir de una fuente energética renovable. A partir de los datos meteorológicos se calcularán las diferentes posibilidades de instalación de los diferentes equipos y se realizará una comparativa entre las diferentes alternativas en función del rendimiento y del coste económico de la instalación. Se seleccionará la alternativa más adecuada de instalación teniendo en cuenta criterios económicos, de eficiencia y de reducción de impacto ambiental.

Finalmente se realizará un breve estudio económico del proyecto y se obtendrán las conclusiones pertinentes.

## 4. Beneficios del proyecto

En este apartado se explican los posibles beneficios que se obtendrían con la ejecución del proyecto objeto de trabajo.

Como se ha comentado con anterioridad el enfoque y objetivo de la arquitectura bioclimática es como tal el beneficiarse de los recursos que nos ofrece la naturaleza y conseguirlo de manera que este beneficio sea mutuo entre los ocupantes de la vivienda y el entorno que los rodea.

En el proyecto realizado se obtienen un serie de diferentes beneficios que se pueden clasificar de la siguiente manera:

### 4.1 Beneficio económico

Aunque puede que este no sea el principal objetivo como tal del proyecto y tampoco como tal de la Arquitectura Bioclimática, este es una consecuencia de un buen desarrollo del proyecto. Ya que la búsqueda de la eficiencia desemboca en un ahorro económico en la vivienda.

Más concretamente en este proyecto se tratara de tomar las medidas necesarias para tratar de reducir el consumo tanto de calefacción como de iluminación y al vez tratar que estos consumos se gestionen de la manera más eficiente posible.

Con todo esto hay que decir que la rehabilitación necesaria para conseguir una vivienda con un óptimo diseño bioclimático requiere de una inversión inicial de dinero considerable pero que a la larga podrá ser rentabilizada.

### 4.2 Beneficio en el confort

Una de los principales objetivos del diseño bioclimático es la generación de un espacio habitable con un alto grado de confort.

Esto pasa por una temperatura agradable con un grado de humedad optimo, una iluminación natural idónea, un aire limpio y una vivienda silenciosa. Todo esto es alcanzable y resulta primordial en el diseño del proyecto, por ello a veces se dará prioridad a elementos de la vivienda cuyo objetivo sea el confort a pesar de que igual no resulten del todo económicos.

### 4.3 Beneficio medioambiental

Este es como antes se ha comentado el principal objetivo de la arquitectura bioclimática y por tanto también del proyecto realizado.

Aunque siempre se deberán tener en cuenta aspectos económicos y de eficiencia siempre se tratara a lo largo del proyecto de seleccionar las alternativas que aporten el mayor grado de sostenibilidad a la vivienda.

Se conseguirá entonces reducir el impacto ambiental de la vivienda al mínimo posible, obteniéndose una vivienda integrada en su entorno y con una mínima contaminación. Esto pasa por una reducción de los consumos energéticos de la vivienda y por la cobertura del mismo a partir principalmente de energías limpias o renovables.

## 5. Análisis inicial de la vivienda

La vivienda a rehabilitar es una vivienda unifamiliar de dos plantas con una superficie habitable de unos 151 m<sup>2</sup>. En la parte inferior del edificio existe un garaje con trastero abierto al exterior.

La planta del primer nivel cuenta con un salón-comedor un dormitorio con un baño y una cocina, la superficie habitable total es de unos 87,5m<sup>2</sup> y una altura de unos 2,8m. La planta superior cuenta con 3 dormitorios y 2 baños con una superficie de 58,6 m<sup>2</sup> y una altura de 2,5m.

En la fachada sur-este de la casa en el piso superior existe una terraza de 45m<sup>2</sup> y tanto en el piso superior como en el inferior existe una gran superficie acristalada. Estando este lado de la fachada en contacto con todos los dormitorios y el salón-comedor. El resto de las fachadas tienen una menor superficie acristalada y sirven para cumplir los mínimos exigibles de ventilación en baños y cocina. La casa dispone de un tejado a un agua orientado al Suroeste con una inclinación de unos 30°.

Cabe destacar que la vivienda cuenta con un sistema de calefacción ya instalado de tipo suelo radiante. Este sistema de calefacción se considera más eficiente que el de tipo radiadores ya que por un lado necesita una menor temperatura del agua para su funcionamiento y además reparte el calor de manera más uniforme por la vivienda.



Ilustración 5: Alzados Sureste y Noroeste

### 5.1 Envoltente térmica

Es importante que la envoltente de la vivienda consiga el máximo aislamiento posible es decir que las pérdidas de calor que se producen a través de la misma se reduzcan lo máximo posible. Con ello se conseguirá reducir la demanda de calefacción y con ello el gasto energético.

Se introduce el concepto de transmitancia térmica que será usado a lo largo del trabajo siendo la relación de pérdida de calor en vatios por metro cuadrado de superficie y por diferencia de temperatura entre el exterior e interior de la casa (W/m<sup>2</sup> K)

#### 5.1.2 Cerramientos opacos

Respecto a los cerramientos opacos de la envoltente se dispone de cuatro formas constructivas diferenciadas. El muro de la fachada que es el mismo para todas las

fachadas del edificio, la cubierta inclinada del piso superior, la cubierta del piso inferior en contacto con la parte de la terraza y el suelo del piso inferior en contacto con el garaje. El resto de muros y suelos se consideran particiones interiores que no se consideraran para el cálculo de la carga térmica del edificio. Se definirán ahora con detalle los muros con sus materiales y espesores. La transmitancia total de los muros se calcula a partir de un programa informático [2] que a partir de los materiales de los cuales se componen los diferentes muros entrega la resistencia térmica de cada uno de ellos y del conjunto. Para ello se considera un coeficiente de convección exterior de 25 W/m<sup>2</sup> K y un interior de 10 W/m<sup>2</sup> K a excepción del suelo en contacto con garaje que reduce el coeficiente exterior a 10 W/m<sup>2</sup> K y el interior a 7 W/m<sup>2</sup> K.

#### Muro de fachada:

Tabla 1: Materiales muro fachada

| Material   | Espesor(m) | Resistencia térmica(m <sup>2</sup> k/W) |
|--|------------|---|
| Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido | 0.015      | 0.021                                   |
| BC con mortero convencional espesor 140 mm                       | 0.12       | 0.274                                   |
| Cámara de aire sin ventilar                                      | 0.01       | 0.15                                    |
| XPS Expandido con hidrofluorcarbonos HFC                         | 0.08       | 2.051                                   |
| Tabicón de LH doble Gran Formato                                 | 0.07       | 0.385                                   |
| U total(W/m <sup>2</sup> K)                                      |            | 0.32                                    |

#### Cubierta en contacto con terraza:

Tabla 2: Materiales cubierta con terraza

| Material   | Espesor(m) | Resistencia térmica(m <sup>2</sup> k/W) |
|--|------------|---|
| Plaqueta o baldosa cerámica                                      | 0.02       | 0.02                                    |
| Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido | 0.02       | 0.036                                   |
| Cloruro de polivinilo [PVC]                                      | 0.002      | 0.012                                   |
| Betún fieltro o lámina   | 0.001      | 0.004                                   |
| XPS Expandido con dióxido de carbono CO <sub>2</sub>             | 0.04       | 1.176                                   |
| Polietileno baja densidad [LDPE]                                 | 0.002      | 0.006                                   |
| Hormigón con áridos ligeros                                      | 0.05       | 0.043                                   |
| FU Entrevigado de hormigón aligerado                             | 0.3        | 0.26                                    |
| Placa de yeso o  | 0.01       | 0.04                                    |

|                           |                             |      |
|---------------------------|-----------------------------|------|
| escayola 750 < d <<br>900 |                             |      |
|                           | U total(W/m <sup>2</sup> K) | 0.58 |

### Cubierta inclinada piso superior:

Tabla 3: Materiales cubierta inclinada

| Material                                 | Espesor(m)                  | Resistencia térmica(m <sup>2</sup> k/W) |
|--|-----------------------------|---|
| Teja cerámica-porcelana                  | 0.02                        | 0.015                                   |
| Cámara de aire ligeramente ventilada     | 0.01                        | 0.07                                    |
| FU Entrevigado de hormigón aligerado     | 0.3                         | 0.26                                    |
| XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 | 0.08                        | 2.353                                   |
| Cámara de aire sin ventilar              | 0.1                         | 0.18                                    |
| Placa de yeso o escayola                 | 0.01                        | 0.04                                    |
|  | U total(W/m <sup>2</sup> K) | 0.33                                    |

### Suelo piso inferior:

Tabla 4: Materiales piso inferior

| Material   | Espesor(m)                  | Resistencia térmica(m <sup>2</sup> k/W) |
|--|-----------------------------|---|
| Plaqueta o baldosa cerámica                                      | 0.02                        | 0.02                                    |
| Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido | 0.1                         | 0.18                                    |
| FU Entrevigado de hormigón aligerado                             | 0.3                         | 0.26                                    |
| XPS Expandido con dióxido de carbono CO2                         | 0.06                        | 1.765                                   |
| Placa de yeso o escayola   | 0.01                        | 0.04                                    |
|  | U total(W/m <sup>2</sup> K) | 0.41                                    |

Como se puede observar la transmitancia térmica de los muros y la cubierta inclinada es bastante buena y no se sufrirán grandes pérdidas por ellas. Sin embargo el suelo del piso inferior y sobretudo la cubierta en contacto con la terraza no están lo suficientemente aisladas y se podría perder cierto calor por estas zonas.

#### 5.1.2 Huecos y lucernarios:

En la vivienda existen 48m<sup>2</sup> de huecos repartidos por la fachada de la misma. La mayor superficie acristalada se encuentra en la fachada Sur-Este en la cual también se encuentra

la puerta de entrada. Todas las ventanas instaladas en la casa son de doble acristalamiento de baja emisividad modelo Climalit 4 (6) 4 con marco de aluminio con rotura de puente térmico. Tienen una transmitancia térmica del vidrio de  $2,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  y del marco de  $2,2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . La puerta es de panel macizo de espuma de PVC de  $2,10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ .

Estos valores tan altos de transmitancia y siendo la superficie total acristalada considerable hará que se pierda un gran cantidad de calor por las mismas. Una manera de reducir las pérdidas considerablemente en las ventanas será la de una vez el sol ya no transmita calor por estas, bajar las persianas de las mismas, consiguiendo así aumentar su resistencia térmica y retener el calor de la vivienda.

## 5.2 Iluminación

Es importante que la vivienda este bien iluminada, la mejor manera para dotar a la casa de una iluminación idónea que no suponga un gasto excesivo de energía es mediante la luz natural que proporciona el sol. En este caso se dispone de grandes ventanas tanto en los dormitorios como en el salón que garantizan este aprovechamiento de la luz. También se dispone ventanas de menor tamaño en la cocina y baños. Se puede considerar que el aprovechamiento de la luz en la vivienda resulta bastante adecuado y por ello se reduce el empleo de luz artificial en gran cantidad a lo largo del día mejorando la eficiencia energética del edificio.

Sera recomendable ya que se reduce el gasto de energía en un 80% el uso de bombillas led o de bajo consumo siendo preferibles las primeras debido a que son más eficientes y menos contaminantes.

## 5.3 Ventilación

La ventilación es imprescindible para mantener una ambiente confortable dentro de la vivienda que garantice aire limpio, renovado y con la humedad necesaria.

La vivienda no cuenta con un sistema de ventilación mecánico así que esta se debería realizar mediante la apertura de ventanas en la casa para generar un corriente de aire. Esto se traduce en que el aire caliente de la casa se escapara de la vivienda y será sustituido por uno más frío que deberá volver a ser calentado. Esto reportara considerables pérdidas de calor.

## 6. Demanda energética de la vivienda

En este apartado se calculará la demanda energética de la vivienda tanto de consumo eléctrico como de ACS y calefacción.

Para realizar los cálculos se han seguido los criterios establecidos por la normativa del CTE(Ver.-Anexo 1), estos cálculos se han realizado a mano y tomando en consideración ciertas hipótesis y consideraciones que pueden hacer que el resultado difiera en cierto modo de la realidad. Por ello y en general se ha tendido a aproximaciones conservadoras.

### 6.1 Consumo eléctrico de la vivienda

Se calculará ahora el consumo eléctrico aproximado de la vivienda. Habrá que considerar por un lado el sistema de iluminación y por otro el de los electrodomésticos. Para el cálculo aproximado de la iluminación necesaria en la vivienda se considerará el siguiente reparto de bombillas por estancia de la casa:

Tabla 5: Reparto bombillas vivienda

| Estancia         | Numero | Bombillas |
|------------------|--------|-----------|
| Salón<br>Comedor | 1      | 9         |
| Cocina           | 1      | 4         |
| Dormitorios      | 4      | 12        |
| Baños            | 3      | 6         |
| Vestíbulos       | 2      | 4         |
|                  | Total  | 35        |

También se supondrá que todo el sistema de iluminación está compuesto por bombillas tipo LED las cuales aportan la misma iluminación con una menor potencia que las convencionales.

Calculamos ahora el consumo total de todos los aparatos conectados a la red. Se supondrá el consumo igual para todo el año:

Tabla 6: Consumo eléctrico vivienda

| Elemento      | Numero | Potencia | Horas/día | Consumo(kWh/día) |
|---------------|--------|----------|-----------|------------------|
| Lavadora      | 1      | 1000     | 1         | 1                |
| Televisor     | 1      | 150      | 4         | 0,6              |
| Vitrocerámica | 1      | 1000     | 1,5       | 1,5              |
| Frigorífico   | 1      | 300      | 24        | 7,2              |
| Lavaplatos    | 1      | 2000     | 1         | 2                |
| Horno         | 1      | 2200     | 0,5       | 1,1              |
| Microondas    | 1      | 1200     | 0,5       | 0,6              |
| Ordenador     | 2      | 25       | 4         | 0,2              |
| Bombillas     | 35     | 7        | 5         | 1,225            |
| Otros         | 1      | 1000     | 2         | 2                |
|               |        |          | Total     | 17,425           |
|               |        |          | Anual     | 6360,125         |

## 6.2 Demanda de ACS:

La demanda de ACS de la vivienda se puede aproximar mediante los datos de referencia que proporciona el CTE. En primer lugar establece que el consumo medio de una persona de ACS es de 28 litros al día a una temperatura de 60°C. Para el cálculo de número de personas se utiliza la siguiente tabla:

Tabla 7: Número de personas vivienda

| Número de dormitorios | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | ≥6 |
|-----------------------|-----|---|---|---|---|---|----|
| Número de Personas    | 1,5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7  |

Con esto se obtiene una demanda para nuestra vivienda de: 140 litros al día. La demanda energética que se necesita para alcanzar la temperatura de 60°C dependerá también de la temperatura del agua de red según la época del año. Obtenemos la temperatura del agua de red en Bizkaia para los diferentes meses del año a partir de los datos de Censolar[2]

La demanda energética mensual en kWh vendrá dada por:

$$Demanda = \frac{\text{litros}}{\text{mes}} \times \rho_{\text{agua}} \left( \frac{1\text{kg}}{\text{litro}} \right) \times C_{p\text{ agua}} \left( \frac{4,18\text{KJ}}{\text{Kg K}} \right) \times (T_{\text{ACS}} - T_{\text{red}}) \times \frac{1\text{ hora}}{3600\text{s}} = \frac{\text{KWh}}{\text{mes}}$$

Tabla 8: Consumo anual ACS

| MES        | litros/mes | T agua red | ΔT    | kWh     |
|------------|------------|------------|-------|---------|
| ENERO      | 4340       | 6          | 54    | 272,12  |
| FEBRERO    | 3920       | 7          | 53    | 241,23  |
| MARZO      | 4340       | 9          | 51    | 257,00  |
| ABRIL      | 4200       | 11         | 49    | 238,96  |
| MAYO       | 4340       | 12         | 48    | 241,88  |
| JUNIO      | 4200       | 13         | 47    | 229,20  |
| JULIO      | 4340       | 14         | 46    | 231,80  |
| AGOSTO     | 4340       | 13         | 47    | 236,84  |
| SEPTIEMBRE | 4200       | 12         | 48    | 234,08  |
| OCTUBRE    | 4340       | 11         | 49    | 246,92  |
| NOVIEMBRE  | 4200       | 9          | 51    | 248,71  |
| DICIEMBRE  | 4340       | 6          | 54    | 272,12  |
|            |            |            | Anual | 2950,87 |

## 6.3 Demanda de calefacción

Para todos los cálculos consideraremos que la temperatura del interior de la vivienda se mantiene constante y es igual a 21°C.

En primer lugar se consideraran las pérdidas de calor que se dan en el edificio a través de la envolvente térmica y de la ventilación.

### 6.3.1 Ventilación:

Para el cálculo de la ventilación de la vivienda utilizaremos los datos mínimos de ventilación por estancia establecidos por el CTE que son los siguientes:

| Tipo de vivienda    | Caudal mínimo $q_v$ en l/s       |                      |   |                                |                  |
|---------------------|----------------------------------|----------------------|---|--------------------------------|------------------|
|                     | Locales secos <sup>(1) (2)</sup> |                      |   | Locales húmedos <sup>(2)</sup> |                  |
|                     | Dormitorio principal             | Resto de dormitorios | Salas de estar y comedores <sup>(3)</sup> | Mínimo en total                | Mínimo por local |
| 0 ó 1 dormitorios   | 8                                | -                    | 6   | 12                             | 6                |
| 2 dormitorios       | 8                                | 4                    | 8   | 24                             | 7                |
| 3 o más dormitorios | 8                                | 4                    | 10  | 33                             | 8                |

(1) En los locales secos de las viviendas destinados a varios usos se considera el caudal correspondiente al uso para el que resulte un caudal mayor

(2) Cuando en un mismo local se den usos de local seco y húmedo, cada zona debe dotarse de su caudal correspondiente

(3) Otros locales pertenecientes a la vivienda con usos similares (salas de juego, despachos, etc.)

#### Ilustración 6: Caudales de ventilación CTE

A partir de la tabla se calcula el caudal de ventilación de la vivienda:

- 1 Dormitorio principal + 3 Resto Dormitorios = 8 + 12 = 20 l/s
- 1 Sala de estar = 10 l/s
- 3 Baños + 1 Cocina = 4\*8 = 32 l/s < 33 l/s → 33 l/s

Se obtiene un total de ventilación de 63 l/s. A partir de el volumen del edificio que resulta ser 391.4 m<sup>3</sup>.

$$\frac{63l}{s} \times \frac{3600s}{1hora} \times \frac{1m^3}{1000l} \times \frac{1renovacion}{391.4m^3} = 0.58renovaciones/hora$$

Debido a que en este cálculo no se han considerado las infiltraciones de aire exterior que se dan en el edificio y que debe existir un extractor de humos en la cocina que tenga un caudal de 50 l/s (no funcionara de forma constante) multiplicaremos por un factor corrector de 1.2 obteniéndose un valor final de 0.69 renovaciones/ hora.

A partir de la fórmula para el cálculo de las pérdidas energéticas debido a la ventilación aplicada a cada mes del año se obtiene:

$$Q_{Ventilacion} = \frac{0.69renovaciones}{hora} \times \frac{391.4 m^3}{1renovacion} \times \frac{1hora}{3600s} \times C_{p\ aire} \times p_{aire} \times \Delta T$$

$$C_{p\ aire} = \frac{1007J}{kg}$$

$$p_{aire} = 1.2kg/m^3$$

$$\Delta T = T_{interior} - T_{exterior}$$

Tabla 9: Perdidas por ventilación

| MES        | Ta   | $\Delta T$ | kWh     |
|------------|------|------------|---------|
| ENERO      | 9,3  | 11,7       | 789,09  |
| FEBRERO    | 9,4  | 11,6       | 706,63  |
| MARZO      | 11,4 | 9,6        | 647,46  |
| ABRIL      | 12,2 | 8,8        | 574,36  |
| MAYO       | 15,2 | 5,8        | 391,17  |
| JUNIO      | 17,5 | 3,5        | 228,44  |
| JULIO      | 19,5 | 1,5        | 101,17  |
| AGOSTO     | 20,2 | 0,8        | 53,95   |
| SEPTIEMBRE | 18,6 | 2,4        | 156,64  |
| OCTUBRE    | 16   | 5          | 337,22  |
| NOVIEMBRE  | 11,4 | 9,6        | 626,57  |
| DICIEMBRE  | 9    | 12         | 809,32  |
|            |      | Anual      | 5422,03 |

### 6.3.2 Envoltente térmica:

Se calculan ahora las pérdidas producidas por la envoltente térmica del edificio. Es decir tanto por fachadas muros o suelos como por huecos y lucernarios.

Se comenzara calculando las perdidas por cerramientos opacos. A partir de las transmitancias y de las áreas de cada una de las paredes descontando los huecos se calculara las pérdidas de calor por cada una de ellas.

#### Muros de fachada

Tabla 10: Transmitancia muros de fachada

| Muro     | Área(m <sup>2</sup> ) | U(W/m <sup>2</sup> *K) | A*U(W/K) |
|----------|-----------------------|------------------------|----------|
| N(NE+NO) | 116,42                | 0,32                   | 37,26    |
| SE       | 68,49                 | 0,32                   | 21,92    |
| SO       | 50,46                 | 0,32                   | 16,15    |
|          |                       | $\Sigma A*U$           | 75,32    |

#### Cubiertas

Tabla 11: Transmitancia cubiertas

| Cubierta | Área(m <sup>2</sup> ) | U(W/m <sup>2</sup> *K) | A*U(W/K) |
|----------|-----------------------|------------------------|----------|
| C1       | 45,3                  | 0,58                   | 26,27    |
| C2       | 74                    | 0,33                   | 24,42    |
|          |                       | $\Sigma A*U$           | 50,69    |

Nota: C1 sería la cubierta en contacto con la terraza y C2 la inclinada

## Suelos

Tabla 12: Transmitancia suelos

| Suelo | Area(m <sup>2</sup> ) | U(W/m <sup>2</sup> *K) | A*U(W/K) |
|-------|-----------------------|------------------------|----------|
|       | 101,3                 | 0,41                   | 41,53    |

### 6.3.3 Huecos y lucernarios

Ahora se realizara la misma operación pero con los huecos. Todas las ventanas están compuestas por los mismos materiales y habrá que considerar la transmitancia tanto del vidrio como del marco. Se aproxima el % de marco al 10% del total del hueco salvo en la puerta acristalada que se considerara el 15%. También habrá que considerar la puerta de entrada a la casa que no dispone de acristalamiento. En el cálculo no se han considerado las persianas de las ventanas las cuales deberían ser bajadas al terminar las horas de sol, estas proporcionarían un aislamiento considerable a las ventanas así que utilizaremos un factor de corrección de 0,85

Tabla 13: Calculo transmitancia ventanas

| Ventana      | Área | % Marco | U vidrio | U marco | A*U(W/K) |
|--------------|------|---------|----------|---------|----------|
| SE-PUERTA    | 2,21 | 100,00  |          | 2,10    | 3,95     |
| SE-1         | 3,87 | 10,00   | 2,60     | 2,20    | 7,24     |
| SE-2         | 3,87 | 10,00   | 2,60     | 2,20    | 7,24     |
| SE-3         | 3,87 | 10,00   | 2,60     | 2,20    | 7,24     |
| SE-4         | 9,55 | 10,00   | 2,60     | 2,20    | 17,85    |
| SE-5         | 1,84 | 10,00   | 2,60     | 2,20    | 3,44     |
| SE-6         | 5,52 | 10,00   | 2,60     | 2,20    | 10,32    |
| SO-1         | 1,44 | 10,00   | 2,60     | 2,20    | 2,69     |
| SO-2(Puerta) | 2,10 | 15,00   | 2,60     | 2,20    | 3,93     |
| NE-1         | 1,38 | 10,00   | 2,60     | 2,20    | 2,57     |
| NE-2         | 0,64 | 10,00   | 2,60     | 2,20    | 1,20     |
| NE3          | 0,88 | 10,00   | 2,60     | 2,20    | 1,65     |
| NE-4         | 5,04 | 10,00   | 2,60     | 2,20    | 9,42     |
| NO-1         | 5,04 | 10,00   | 2,60     | 2,20    | 9,42     |
| NO-2         | 1,60 | 10,00   | 2,60     | 2,20    | 2,99     |
|              |      |         |          | Σ A*U   | 91,15    |

Sumando todos los valores obtenidos se calcula el calor que se pierde por la envolvente térmica cada mes. A partir de la siguiente ecuación:

$$Q = U \left( \frac{W}{m^2 K} \right) \cdot A(m^2) \cdot \Delta T$$

Siendo  $\Delta T$  la diferencia entre la temperatura exterior y la interior.

Tabla 14: Perdidas envolvente térmica

| MES        | Ta   | $\Delta T$ | kWh      |
|------------|------|------------|----------|
| ENERO      | 9,3  | 11,7       | 2613,75  |
| FEBRERO    | 9,4  | 11,6       | 2340,63  |
| MARZO      | 11,4 | 9,6        | 2144,62  |
| ABRIL      | 12,2 | 8,8        | 1902,48  |
| MAYO       | 15,2 | 5,8        | 1295,71  |
| JUNIO      | 17,5 | 3,5        | 756,67   |
| JULIO      | 19,5 | 1,5        | 335,10   |
| AGOSTO     | 20,2 | 0,8        | 178,72   |
| SEPTIEMBRE | 18,6 | 2,4        | 518,86   |
| OCTUBRE    | 16   | 5          | 1116,99  |
| NOVIEMBRE  | 11,4 | 9,6        | 2075,44  |
| DICIEMBRE  | 9    | 12         | 2680,77  |
|            |      | Anual      | 17959,74 |

Cabe destacar que en calculo no se han considerado las perdidas los puentes térmicos del edificio por ello se multiplicara a los resultados por un factor corrector de 1.2.

#### 6.3.4 Ganancias debido a la radiación solar en los huecos y ventanas:

Para ello se deberá calcular primero el factor de corrección del lucernario cuyo calculo viene especificado por el CTE (Ver.-Anexo 1), para ello necesitaremos también conocer el factor solar del vidrio que viene especificado por el fabricante y el factor de sombra  $F_s$  que se calcula como especifica el CTE. Solo se consideraran las aportaciones de calor por las ventanas situadas al Sur-Oeste y al Sur-Este. Ya que el resto de ventanas se encuentran en las fachadas situadas al norte y se considera que no existe radiación directa en estas ventanas y la difusa apenas aporta calor.

Tabla 15: Calculo factor corrector

| Ventana      | Área | $F_s$ | F      | F*A  |
|--------------|------|-------|--------|------|
| SE-PUERTA    | 2,21 |       |        |      |
| SE-1         | 3,87 | 0,86  | 0,3956 | 1,53 |
| SE-2         | 3,87 | 0,86  | 0,3956 | 1,53 |
| SE-3         | 3,87 | 0,86  | 0,3956 | 1,53 |
| SE-4         | 9,55 | 0,77  | 0,3542 | 3,38 |
| SE-5         | 1,84 | 0,73  | 0,3358 | 0,62 |
| SE-6         | 5,52 | 0,77  | 0,3542 | 1,96 |
| SO-1         | 1,44 | 0,86  | 0,3956 | 0,57 |
| SO-2(Puerta) | 2,10 | 0,86  | 0,3956 | 0,83 |

Con esto y los datos de radiación solar media diaria obtenidos a partir del atlas de radiación solar del País Vasco [3] se calcula el calor mensual aportado con la siguiente formula:

$$Q = F \cdot A(m^2) \cdot R \left( \frac{kWh}{m^2} \right)$$

Tabla 16: Irradiación anual vivienda

| MES        | Irradiación(kWh/m <sup>2</sup> ) | kWh     |
|------------|----------------------------------|---------|
| ENERO      | 1,4                              | 518,63  |
| FEBRERO    | 1,8                              | 602,28  |
| MARZO      | 2,4                              | 889,08  |
| ABRIL      | 2,4                              | 860,40  |
| MAYO       | 2,6                              | 963,17  |
| JUNIO      | 2,6                              | 932,10  |
| JULIO      | 2,7                              | 1000,22 |
| AGOSTO     | 2,8                              | 1037,26 |
| SEPTIEMBRE | 2,6                              | 932,10  |
| OCTUBRE    | 2,3                              | 852,04  |
| NOVIEMBRE  | 1,8                              | 645,30  |
| DICIEMBRE  | 1,3                              | 481,59  |
|            | Anual                            | 9714,16 |

Por ultimo estarán las ganancias debido a equipos, iluminación y personas dentro de la vivienda. Lo cual se calcula a partir de unos datos base de consumos y actividad establecidos por el CTE (Ver.- Apéndice consumos) y la formula siguiente:

$$CFI = \Sigma C_{oc} / (7 \cdot 24) + \Sigma C_{il} / (7 \cdot 24) + \Sigma C_{eq} / (7 \cdot 24)$$

$\Sigma C_{oc}$ = suma de las cargas sensibles nominales por ocupación [W/m<sup>2</sup>], por hora y a lo largo de una semana tipo

$\Sigma C_{il}$ = suma de las cargas nominales por iluminación [W/m<sup>2</sup>], por hora y a lo largo de una semana tipo

$\Sigma C_{eq}$ = suma de las cargas nominales de equipos [W/m<sup>2</sup>], por hora y a lo largo de una semana tipo

Como se han calculado anteriormente los consumos eléctricos de los equipos y la iluminación los usaremos para calcular el calor que ceden en la vivienda. Para ello consideraremos por un lado despreciables las ganancias producidas por la iluminación debido a que las bombillas LED que se usaran son de baja potencia y ceden muy poco calor y por otro consideraremos que la potencia total de los electrodomésticos solo el 70% se transforma en calor que se cede a la casa.

Tabla 17: Calor generado por ocupación anual

| MES        | días | Ocupación (Wh/día m <sup>2</sup> ) | Iluminación (kWh/día ) | Equipos (kWh/día) | kWh     |
|------------|------|------------------------------------|------------------------|-------------------|---------|
| ENERO      | 31   | 34,35                              | 1,225                  | 12,1975           | 576,89  |
| FEBRERO    | 28   | 34,35                              | 1,225                  | 12,1975           | 521,06  |
| MARZO      | 31   | 34,35                              | 1,225                  | 12,1975           | 576,89  |
| ABRIL      | 30   | 34,35                              | 1,225                  | 12,1975           | 558,28  |
| MAYO       | 31   | 34,35                              | 1,225                  | 12,1975           | 576,89  |
| JUNIO      | 30   | 34,35                              | 1,225                  | 12,1975           | 558,28  |
| JULIO      | 31   | 34,35                              | 1,225                  | 12,1975           | 576,89  |
| AGOSTO     | 31   | 34,35                              | 1,225                  | 12,1975           | 576,89  |
| SEPTIEMBRE | 30   | 34,35                              | 1,225                  | 12,1975           | 558,28  |
| OCTUBRE    | 31   | 34,35                              | 1,225                  | 12,1975           | 576,89  |
| NOVIEMBRE  | 30   | 34,35                              | 1,225                  | 12,1975           | 558,28  |
| DICIEMBRE  | 31   | 34,35                              | 1,225                  | 12,1975           | 576,89  |
|            |      |                                    |                        | Anual             | 6792,41 |

Con todo esto se puede calcular la demanda de calefacción de la vivienda mensual considerando las pérdidas y las ganancias totales:

Tabla 18: Demanda de calefacción anual

| MES        | Ventilación (KWh) | Envolvente (kWh) | Irradiación (KWh) | Ocupación (KWh) | Total    |
|------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------------|----------|
| ENERO      | 789,09            | 2613,75          | 518,63            | 576,89          | 2307,32  |
| FEBRERO    | 706,63            | 2340,63          | 602,28            | 521,06          | 1923,93  |
| MARZO      | 647,46            | 2144,62          | 889,08            | 576,89          | 1326,11  |
| ABRIL      | 574,36            | 1902,48          | 860,40            | 558,28          | 1058,16  |
| MAYO       | 391,17            | 1295,71          | 963,17            | 576,89          | 146,82   |
| JUNIO      | 228,44            | 756,67           | 932,10            | 558,28          | -505,27  |
| JULIO      | 101,17            | 335,10           | 1000,22           | 576,89          | -1140,84 |
| AGOSTO     | 53,95             | 178,72           | 1037,26           | 576,89          | -1381,48 |
| SEPTIEMBRE | 156,64            | 518,86           | 932,10            | 558,28          | -814,88  |
| OCTUBRE    | 337,22            | 1116,99          | 852,04            | 576,89          | 25,28    |
| NOVIEMBRE  | 626,57            | 2075,44          | 645,30            | 558,28          | 1498,43  |
| DICIEMBRE  | 809,32            | 2680,77          | 481,59            | 576,89          | 2431,62  |
|            |                   |                  |                   | Anual           | 10717,67 |

## 7. Mejoras para reducir la demanda energética

En este apartado se decidirán a aplicar una serie de mejoras basadas en el diseño bioclimático y teniendo en cuenta las partes del edificio que resultan menos eficientes, con los objetivos de por un lado reducir el consumo energético de la vivienda y por otro elevar el grado de confort de la vivienda.

En primer lugar se puede comprobar que las pérdidas por ventilación son considerables por ello se pretende la instalación de un sistema de ventilación mecánico con recuperador de calor que se explicara a continuación.

### 7.1 Recuperador de calor:

El recuperador de calor es un sistema que permite optimizar el proceso de ventilación de la vivienda haciéndolo más eficiente. Su principio de funcionamiento se basa en transferir la energía calorífica del aire interior de la vivienda al aire exterior que introducimos para renovar el aire. Para ello se usa un intercambiador de calor que sin mezclar las corrientes de aire consigue calentar el aire procedente del exterior a través de un sistema sencillo de intercambio en el cual la corriente de salida del aire caliente de la vivienda cede parte de su calor a la entrante.

En verano a través de un sistema de by-pass se podría dejar entrar el aire del exterior sin necesidad de que este pasase por el intercambiador.

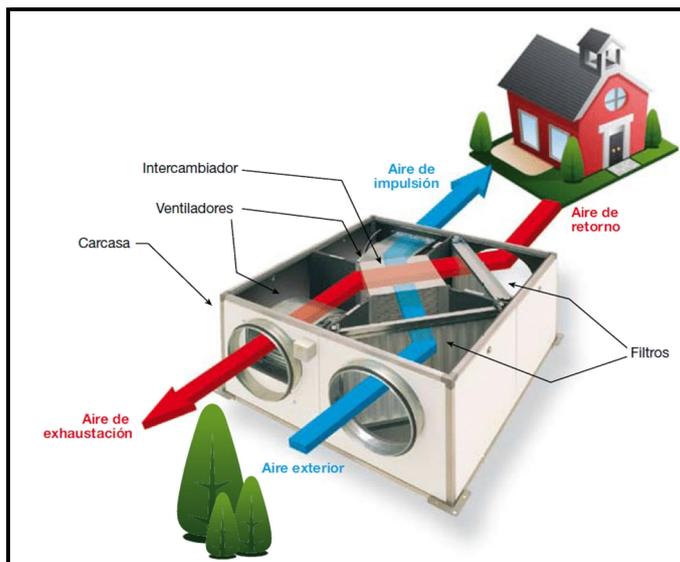


Ilustración 7: Recuperador de calor

El recuperador es un equipo relativamente sencillo, está constituido por el intercambiador de calor, los tubos de admisión y extracción y unos ventiladores para impulsar el aire. Además estos equipos cuentan con filtros que mejoran la calidad del aire introducido aumentando el confort de la vivienda consiguiéndose un aire limpio que además evita la formación de condensaciones en la vivienda y mantiene un ambiente libre de olores.

Los recuperadores son capaces de extraer el aire de los locales húmedos sin dificultad eliminándola de las estancias. Existen varios tipos de intercambiador según la forma en la que trabajan. De flujo cruzado, de flujo paralelo o de flujo rotativo. Los más eficientes son los de flujo paralelo y será el que se seleccionará en este caso. Se ha optado por el

modelo KOMFORT EC SB350 que tiene un flujo máximo de 415 m<sup>3</sup>/h que cubre las necesidades de ventilación de la vivienda.

Además del recuperador de calor como tal también se deberá instalar un sistema de ventilación forzada para que este extraiga el aire de todas las estancias con facilidad.

Ahora se considerara el cambio de la demanda que supone introducir el recuperador de calor.

En primer lugar el fabricante del intercambiador entrega un rango de rendimientos (Ver.- Intercambiador) que van desde 85 hasta 98. Se supone el valor más bajo de 85% como medida conservadora. Con esto se puede calcular la nueva demanda calculando primero la Temperatura a la que entrara el aire en la vivienda a partir de la fórmula:

$$T_{admission} = T_{exterior} + \eta * (T_{interior} - T_{exterior})$$

Como se ha comentado anteriormente a parte de la ventilación necesaria de la casa que se realizara mediante el recuperador de calor habrá pérdidas por infiltraciones que calcularemos a parte y las sumaremos.

Tabla 19: Perdidas ventilación con recuperador

| MES        | Ta   | T in   | ΔT    | kWh    | Infiltraciones | Total   |
|------------|------|--------|-------|--------|----------------|---------|
| ENERO      | 9,3  | 19,245 | 1,755 | 102,69 | 78,91          | 181,60  |
| FEBRERO    | 9,4  | 19,26  | 1,74  | 91,96  | 70,66          | 162,63  |
| MARZO      | 11,4 | 19,56  | 1,44  | 84,26  | 64,75          | 149,01  |
| ABRIL      | 12,2 | 19,68  | 1,32  | 74,75  | 57,44          | 132,18  |
| MAYO       | 15,2 | 20,13  | 0,87  | 50,91  | 39,12          | 90,03   |
| JUNIO      | 17,5 | 20,475 | 0,525 | 29,73  | 22,84          | 52,57   |
| JULIO      | 19,5 | 20,775 | 0,225 | 13,17  | 10,12          | 23,28   |
| AGOSTO     | 20,2 | 20,88  | 0,12  | 7,02   | 5,40           | 12,42   |
| SEPTIEMBRE | 18,6 | 20,64  | 0,36  | 20,39  | 15,66          | 36,05   |
| OCTUBRE    | 16   | 20,25  | 0,75  | 43,89  | 33,72          | 77,61   |
| NOVIEMBRE  | 11,4 | 19,56  | 1,44  | 81,54  | 62,66          | 144,20  |
| DICIEMBRE  | 9    | 19,2   | 1,8   | 105,33 | 80,93          | 186,26  |
|            |      |        |       |        | Total          | 1247,84 |

Como se puede observar este cambio supone una reducción de las pérdidas por ventilación de casi un 77% del total.

Además del ahorro energético que supone esta instalación esta produce una gran elevación del grado de confort de la vivienda al introducir en ella, constantemente, un aire limpio y renovado y a una temperatura agradable.

## 7.2 Cambios en la envolvente

Se tratara ahora de reducir las pérdidas que se producen en la envolvente térmica. Analizando la envolvente se puede observar que las zonas con menor resistencia térmica son tanto los huecos y lucernarios como el suelo en contacto con el garaje. La sustitución de las ventanas resultaría demasiado costosa por lo que se decide aplicar un aislamiento

por el exterior en el suelo del garaje el cual será muy sencillo de instalar y reducirá considerablemente las pérdidas.

El producto a instalar es la Placa Aislante Ytong Multipor un aislante mineral de 140 mm de espesor con una transmitancia térmica de  $0.32 \text{ W /m}^2\text{K}$ . El producto es de fácil instalación ya que solo requiere de la aplicación de un mortero previo a su colocación.

Además de aislante térmico servirá como aislante acústico de la zona del garaje entregando un mayor grado de confort a la vivienda.

La siguiente medida que se ha considerado aplicar es la instalación de una cubierta ajardinada en la terraza del edificio.

Las cubiertas vegetales ajardinadas consisten principalmente en la integración de la vegetación en las cubiertas de los edificios. Mediante su implantación se obtienen una gran cantidad de beneficios [4]:

- Mantienen niveles de humedad y dióxido de carbono idóneos
- Aumentan el aislamiento térmico de la vivienda y protegen de rayos del sol
- Reducen variaciones de Temperatura entre día y noche
- Generan espacios agradables e integrados en el medio.

Se aprovechara entonces el espacio de la terraza de la casa para instalar una cubierta ajardinada. Se optara por la instalación de una cubierta vegetal extensiva es decir con un espesor reducido con plantas de poco porte preferiblemente autóctonas y que requieran de poco mantenimiento. Se selecciona el modelo de cubierta verde Urban Escape.(Ver.-Catalogo)

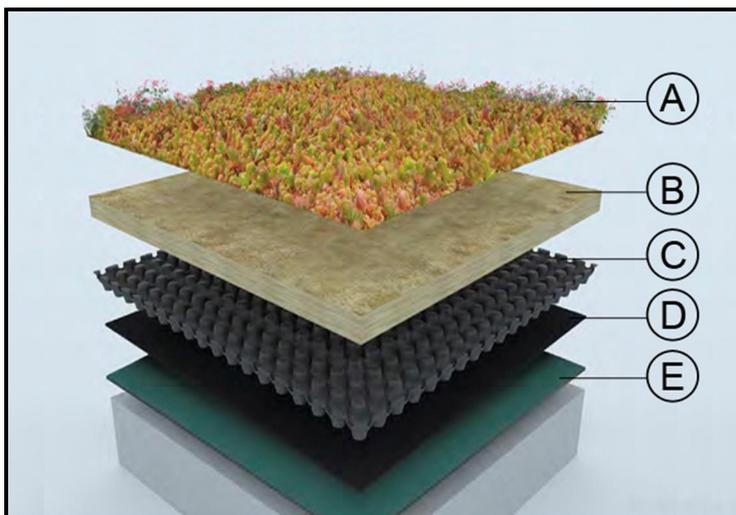


Ilustración 8: Cubierta ajardinada Urban Escape

A. Tepe biodegradable Urbanscape Sedum-mix, que comprende entre 10 y 12 especies distintas de sedum.

B. Sustrato Urbanscape Green Roll: fieltro compacto y no deformable de lana mineral de fibras largas cosidas.

C. Panel de poliestireno reciclado reforzado, con cavidades perforadas que regulan la acumulación y drenaje del agua, y permiten la aireación de las raíces de las plantas.

D. Membrana antirraíces: lámina de polietileno de baja densidad de color negro.

E. Membrana impermeable

Aunque el fabricante no proporciona la transmitancia térmica del conjunto estudios sobre cubiertas similares [5]. Calculan un valor aproximado de  $0.3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . Con esto se calculan las nuevas pérdidas producidas por la envolvente.

Se calcula ahora la nueva demanda a partir de las mejoras introducidas tanto de ventilación como en la envolvente térmica.

Tabla 20: Nueva demanda anual de calefacción

| MES        | Ventilación (Kwh) | Envolvente (kWh) | Irradiación (kWh) | Ocupación (KWh) | Total    |
|------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------------|----------|
| ENERO      | 181,60            | 2223,99          | 518,63            | 576,89          | 1310,08  |
| FEBRERO    | 162,63            | 1991,60          | 602,28            | 521,06          | 1030,88  |
| MARZO      | 149,01            | 1824,81          | 889,08            | 576,89          | 507,85   |
| ABRIL      | 132,18            | 1618,79          | 860,40            | 558,28          | 332,29   |
| MAYO       | 90,03             | 1102,49          | 963,17            | 576,89          | -347,54  |
| JUNIO      | 52,57             | 643,84           | 932,10            | 558,28          | -793,97  |
| JULIO      | 23,28             | 285,13           | 1000,22           | 576,89          | -1268,69 |
| AGOSTO     | 12,42             | 152,07           | 1037,26           | 576,89          | -1449,66 |
| SEPTIEMBRE | 36,05             | 441,49           | 932,10            | 558,28          | -1012,84 |
| OCTUBRE    | 77,61             | 950,42           | 852,04            | 576,89          | -400,89  |
| NOVIEMBRE  | 144,20            | 1765,95          | 645,30            | 558,28          | 706,57   |
| DICIEMBRE  | 186,26            | 2281,02          | 481,59            | 576,89          | 1408,80  |
|            |                   |                  |                   | Anual           | 5296,48  |

Como se puede observar la reducción de la demanda de calefacción es bastante considerable obteniéndose aproximadamente una reducción del 50%. También se puede observar que la demanda de calefacción solo se daría de Noviembre a Abril.

Del mes de Mayo a Noviembre se obtendrían valores negativos lo cual quiere decir que sería necesario un aporte de refrigeración para obtener la temperatura óptima. Como se ha comentado anteriormente el recuperador de calor tiene la opción de funcionamiento en modo bypass reduciéndose así la demanda de refrigeración en los días cálidos. También la

suposición que se realizó al inicio de que la casa se encuentre a 21°C todo el año es demasiado conservadora ya que en meses cálidos una temperatura de 23°C en la vivienda sería bastante confortable sumando a esto que las ventanas pueden ser abiertas para elevar la ventilación y conseguir disminuir la temperatura se concluye que en la vivienda no es necesario un sistema de refrigeración.

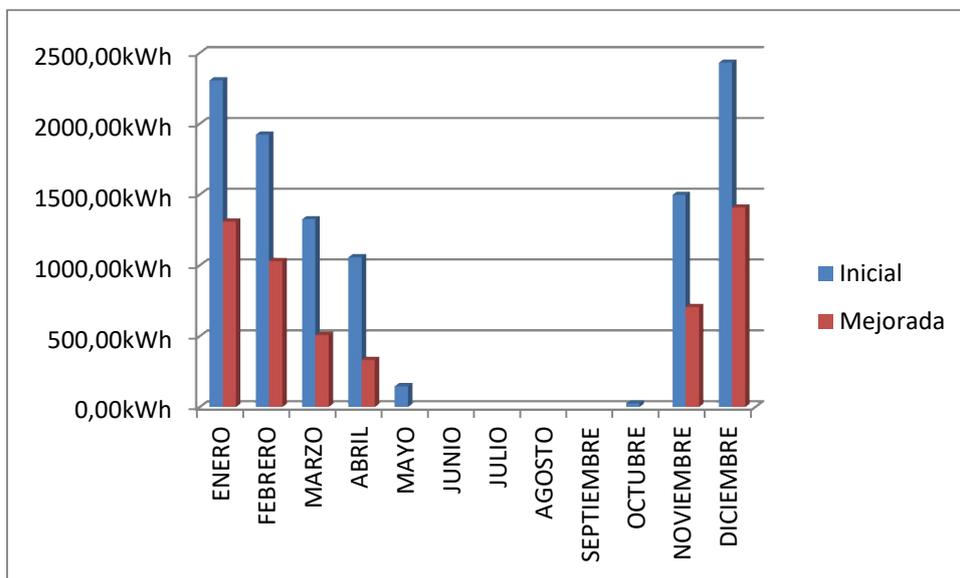


Ilustración 9: Comparativa demandas

## 8. Análisis de alternativas

En este apartado se analizarán las diferentes alternativas que existen de aportación de energía a la vivienda mediante fuentes externas, dando énfasis a aquellas consideradas renovables y situadas en el entorno de la vivienda.

Estas serán las encargadas de asumir la demanda energética de la vivienda tanto la de ACS como la de calefacción, lo cual queda regulado por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), que establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones para conseguir un uso eficiente de la energía. Se tratará también de lograr que el consumo eléctrico de la vivienda sea cubierto por estas energías.

### 8.1 Energía solar

El sol es una gran fuente energética que mediante la radiación a través del espacio transmite parte de esa energía a la superficie de nuestro planeta. Resulta entonces fundamental el aprovechamiento de este recurso energético en las viviendas para aumentar la sostenibilidad de las mismas. Por un lado este recurso queda aprovechado como ya se comentó anteriormente por una buena disposición de la vivienda que permita obtener luz y calor a través de sus ventanas.

Por otro lado se han desarrollado técnicas de aprovechamiento de esta energía a partir de instalaciones exteriores a la vivienda, para estas también será imprescindible una buena orientación de las mismas y serán más o menos eficientes según la zona geográfica en la que se encuentre la vivienda. En el caso de la vivienda el estudio se considera que es posible la instalación de este tipo de tecnologías pero su grado de eficiencia no sería demasiado elevado. Las dos diferentes formas de aprovechamiento de la energía solar son:

#### 8.1.2 Energía solar térmica

Este método de aprovechar la energía del sol consiste en obtener la energía calorífica del sol para calentar principalmente un fluido cuyo calor sea aprovechable en distintos tipos de aplicaciones. Existen instalaciones de baja, media y alta temperatura según la temperatura que alcanza el fluido. Siendo los primeros los más comunes para la obtención de ACS en las viviendas obteniéndose temperaturas de 20-80 °C en el fluido calentado.

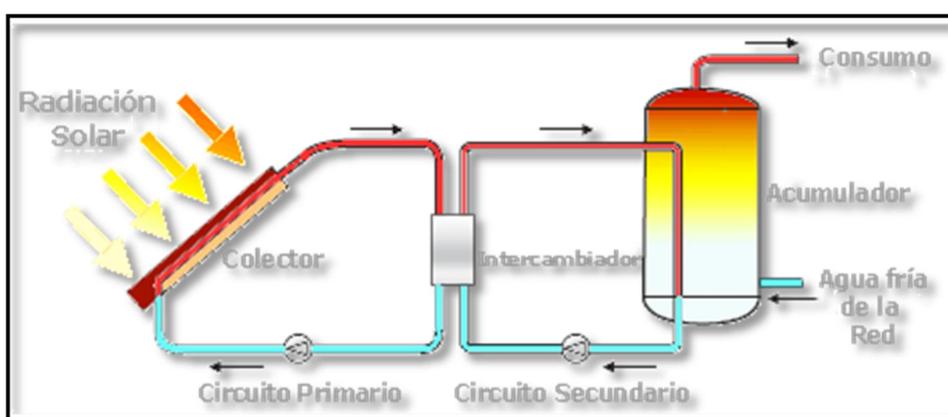


Ilustración 10: Instalación solar térmica

El principal problema que surge en este tipo de instalaciones es el almacenamiento de calor. La energía del sol no es constante ni durante el día ni a lo largo de una semana, es por ello que se necesita de depósitos acumuladores que permitan el almacenamiento de la energía calorífica por un periodo de tiempo de por lo menos varios días, de otra manera solo se podría aprovechar el sistema durante horas con sol lo cual reduciría mucho la funcionalidad del sistema.

Los principales componentes de una instalación solar térmica de baja  $T_a$  son:

- **Colector solar:** Es la parte encargada de aprovechar el calor. Consiste en dos tubos unidos entre sí mediante una serie de tubos paralelos de menor diámetro con aletas y con un tratamiento para aumentar su absorción de calor, por los cuales circula el fluido calorífico (agua con aditivos normalmente) que se calienta a su paso por los mismos. Para aumentar el rendimiento se introducen los tubos en una caja acristalada por la parte superior y aislada por la inferior.
- **Intercambiador:** Transfiere la energía del fluido calorífico al fluido que calienta el acumulador
- **Acumulador de energía:** Sirve para acumular la energía obtenida y almacenarla para su posterior uso. El material acumulador debe ser capaz de retener gran cantidad de calor en pequeños volúmenes. Generalmente se usa agua que permite una autonomía del sistema de unos 2 días, también existen algunas soluciones de sales y arenas que podrían incrementar este valor.

Su principal ventaja es que su instalación es relativamente sencilla y económica. Y su desventaja es que requiere de una cierta cantidad de horas de sol que por ejemplo en la zona de instalación de la vivienda no son abundantes.

### 8.1.2 Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica consiste en la transformación directa de radiación solar en energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico. Este efecto se produce dentro de una célula semiconductor donde los fotones de la luz solar se transforman a través del material de la célula, en electrones que se mueven dentro de ella creando una corriente eléctrica. Esto se da gracias a que el material del que está compuesto la célula el cual suele ser silicio crea una zona tipo p-n en la cual los electrones que se encuentran libres se encuentran a un lado de la célula y los huecos al otro creándose una diferencia de potencial que crea la corriente eléctrica.

Las células están dispuestas en módulos cristalinos formando el panel solar, disponen de un vidrio con un marco normalmente de aluminio que les protege del exterior dejando pasar la radiación solar. Existen diferentes tamaños y tipos de placas según la potencia necesaria.

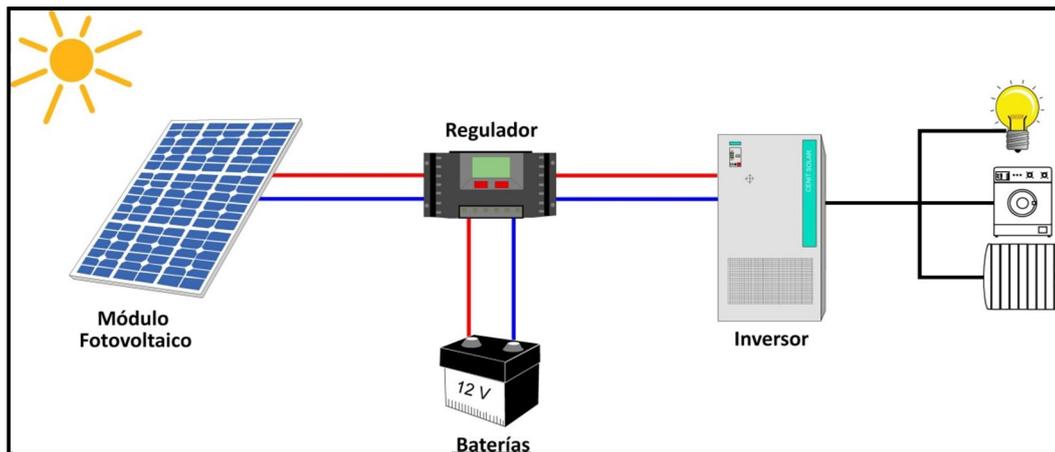


Ilustración 11: Instalación solar fotovoltaica

La instalación a parte del módulo o panel fotovoltaico debe contar con:

- Regulador: Recoge la energía producida por los módulos y estabiliza la tensión a un nivel predeterminado por el sistema de baterías (12, 24, 48 voltios). Se encarga de la carga y descarga de las baterías y la protege.
- Baterías: Almacenan la energía para cuando no existe radiación solar pero si demanda. Suponen un coste considerable.
- Inversor: Sirve para transformar la corriente continua generada en el módulo a corriente alterna con un potencial de 220 voltios normalmente.

Los paneles son una tecnología bastante desarrollada, por ello su precio no es excesivamente alto sin embargo sus rendimientos no son ideales en la mayoría de las situaciones y suelen producir por debajo de su potencia nominal.

## 8.2 Energía eólica

La energía eólica es la energía que lleva el viento la cual es aprovechable y convertible en energía eléctrica mediante los aerogeneradores.

Su funcionamiento es relativamente sencillo y consiste en aprovechar la energía del viento para poner en movimiento las hélices de un molino, a partir de la energía mecánica generada se consigue obtener energía eléctrica mediante un generador.

Normalmente este tipo de energía es utilizada para la generación a gran escala en parques eólicos con aerogeneradores de 1MW de potencia y una altura de alrededor de 100 m. Pero también existe la generación mini-eólica la cual a partir de aerogeneradores de pequeña escala se consiguen potencias bajas para aprovechamientos en una vivienda.

Para que este tipo de instalaciones resulten rentables se considera necesario obtener una velocidad media del viento de 5 m/s. de otra manera el aerogenerador no conseguiría la velocidad suficiente para ponerse en funcionamiento y su instalación no sería rentable. Deberán instalarse en zonas lo suficientemente separadas de obstáculos que perturben el flujo de viento y también será necesario que el aerogenerador tenga cierta altura para evitar el flujo turbulento y para aprovechar una mayor velocidad del viento.

Los principales elementos de su instalación serían:

- Aerogenerador: Que puede ser de eje horizontal o vertical y de diferentes tamaños de pala según la potencia que sea capaz de generar. La aerodinámica de sus palas es fundamental para un óptimo aprovechamiento de la energía. Estas pueden ser orientables en la dirección del viento o fijas. El aerogenerador consta también de un multiplicador para aumentar la velocidad de giro y un generador.
- Baterías e inversor: Como en las instalaciones fotovoltaicas estos elementos serán imprescindibles para el correcto funcionamiento.

### 8.3 Bombas de calor

Las bombas de calor son instalaciones que operan entre dos focos de diferente temperatura absorbiendo calor de uno de ellos para cederlo al otro. Para ello necesitan de un aporte de trabajo que viene dado por un compresor que suele funcionar mediante electricidad y un fluido con la capacidad de condensarse y evaporarse para ceder y absorber calor.

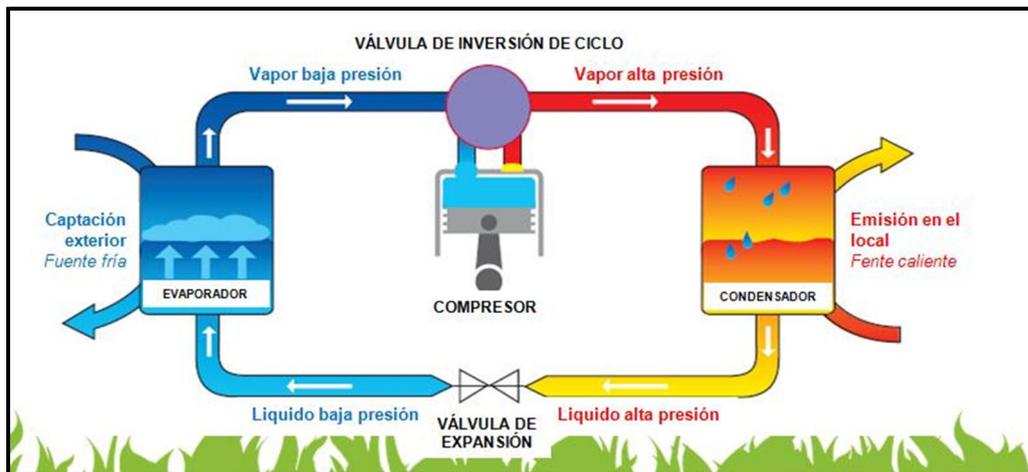


Ilustración 12: Bomba de calor

Para que estas bombas de calor tengan rendimientos aceptables la diferencia de calor entre los dos focos no debe ser muy grande. Las bombas de calor en la vivienda suelen ser normalmente de dos tipos según el foco desde el cual extraen el calor:

- Aerotermia: El foco desde el cual se extrae el calor es el aire ambiente. Su instalación solo tendrá sentido en zonas donde la temperatura del aire ambiente no difiera demasiado con la del interior.
- Geotermia de baja temperatura: El foco sería corteza terrestre, debido a su gran masa la tierra se amortigua los cambios de temperatura estacionales por ello a partir de una excavación obtendríamos un foco con temperatura constante y nunca demasiado fría que nos permitiría obtener rendimientos en la bomba de calor aceptables para ambientes fríos.

Ambos sistemas pueden ser reversibles cumpliendo la función de calefacción y refrigeración de la vivienda según las necesidades del momento. También podría ser usado para el suministro de ACS de la vivienda.

Comparando ambas se puede observar que la aerotermia tiene una instalación mucho más sencilla y un precio realmente económico. Mientras que la geotermia requiere de una instalación más compleja y de una cierta inversión pero que obtiene un mayor rendimiento.

## 8.4 Biomasa

La biomasa es el conjunto de materia orgánica de origen animal o vegetal que procede de una transformación tanto natural como artificial y que se puede valorizar energéticamente.

Normalmente en las viviendas se suele hacer uso de biomasa procedente de residuos forestales o agrícolas debido a que son los de más fácil transporte, combustión y almacenamiento. Sin embargo en centrales de producción eléctrica se usan todo tipo de biomasa para su combustión.

La combustión de la biomasa a pesar de producir CO<sub>2</sub> se considera un combustible renovable ya que el CO<sub>2</sub> que libera tras su combustión es el mismo que ha absorbido en su ciclo de vida.

Para la vivienda existen distintos tipos de calderas de combustión de biomasa según el tipo de residuo que utilice o su capacidad. Sin embargo todas tienen un sistema de funcionamiento similar: el combustible normalmente en forma de pellet (prensado y en forma de balines) se introduce en la caldera donde entra en combustión. El calor generado sirve para calentar agua que luego se utiliza o bien para calefactar la casa o para conseguir ACS.

Este sistema es bastante sencillo y de precio razonable sin embargo no se considera como la alternativa más sostenible y respetuosa con el medio ambiente. A pesar de esto puede ser una solución idónea como sistema de apoyo para las instalaciones renovables anteriormente comentadas debido a la irregularidad de estas.

## 8.5 Micro-Cogeneración

Este proceso consiste en el traslado de la tecnología de cogeneración presente en grandes industrias a una pequeña escala en las viviendas. A partir de un combustible que normalmente es gas natural y mediante una turbina o motor de combustión se genera electricidad y además un calor residual que en este caso es aprovechado para calentar la vivienda. Estos sistemas tienen una gran eficiencia pero su instalación se suele limitar a edificios con gran demanda.

## 9. Selección de la solución

En este apartado se seleccionara la solución a instalar para conseguir cubrir la demanda energética de la vivienda. Se justificara adecuadamente el porqué de la elección y se dimensionara para que cumpla la demanda.

Las instalaciones deberán cubrir el máximo posible de demanda de ACS, calefacción y consumo eléctrico de la vivienda.

Debido a que el edificio es de nueva construcción según lo establecido en el CTE existe un mínimo de demanda de ACS de 30% se debe cubrir mediante una instalación solar térmica. Es probable que la instalación térmica no sea capaz de cubrir toda la demanda así que deberá dimensionarse un sistema auxiliar para cubrir la diferencia.

Sin embargo también se establece que podrá sustituirse por otro sistema auxiliar siempre y cuando este suponga una misma o menor producción de CO<sub>2</sub> que la solar térmica. Por un lado se plantea la posible instalación de la aerotermia para el calentamiento de ACS pero se considera que para que esta pueda sustituir a la solar térmica debe tener un COP mayor de 5 lo cual se encuentra lejos de los valores actuales de estas instalaciones.

### 9.1 Comparativa alternativas

Para las demandas de calefacción y de consumo eléctrico de la vivienda se escogerán de los sistemas anteriormente mencionados los más adecuados. Debido a que a priori no se conoce cuál va a ser el sistema idóneo se empezara por descartar aquellos que su instalación no se crea conveniente.

- Geotermia: Se descarta este sistema de inicio por varios motivos. El primero es que como se vio en el estudio geotécnico (Ver.-2.3.2 Estudio geotecnico) el terreno en el que se asienta la vivienda no es de fácil excavación por lo que la instalación del sistema necesitaría de un coste de inversión considerable. Por otro lado debido a que la climatología de la zona no resulta especialmente severa en lo que a temperatura se refiere se cree que la mejora de rendimiento que se obtendría de una bomba de calor de geotermia respecto a una de aerotermia no justificaría la inversión necesaria.
- Instalación eólica: Estas instalaciones se deben considerar solo en emplazamientos donde el recurso del viento es constante y de una cierta magnitud. De otra forma los rendimientos del aerogenerador son tan bajos que no resulta rentable su instalación. En el caso de Munguia el viento resulta bastante escaso por lo que se descarta esta opción.

Se plantearan ahora las distintas posibilidades para obtener ACS y calefacción en la vivienda y se seleccionará la más adecuada, como se ha comentado anteriormente la instalación solar térmica va a ser indispensable, con esto las opciones disponibles son:

1. Aerotermia para apoyo de ACS y calefacción
2. Biomasa para apoyo de ACS y calefacción
3. Caldera de gas natural apoyo de ACS y aerotermia para calefacción.

En el caso de la generación eléctrica solo existe una posibilidad de generación y es la solar fotovoltaica. Se planteara ahora las posibilidades que existen para su instalación y cual se seleccionara. Habrá que considerar varios aspectos clave de la instalación.

En primer lugar se deberá considerar la cantidad de energía que se quiere generar. Para la opción 2 se deberá generar la energía necesaria únicamente para abastecer la demanda de energía eléctrica de la vivienda, para las opciones 1 y 3 se tratará de producir mayor demanda de energía que sirva para cubrir cierta parte del consumo eléctrico de la bomba de calor.

Luego también y dependiendo de la opción seleccionada se deberá considerar si la instalación fotovoltaica se encontrara conectada a la red lo cual será necesario para las opciones 1 y 3. O en caso de la opción 2 se podría considerar una instalación aislada de la red y con baterías para el autoconsumo.

### Aeroterminia

Se dimensionara ahora una instalación de aeroterminia que sea capaz de suministrar por un lado la demanda de calefacción y por otro la parte de ACS que no haya sido cubierta por la instalación solar térmica siendo esta la opción 1 y para la opción 3 se considera que solo se utilizara para la generación de calefacción. El motivo por el que se hayan planteado estas dos opciones es el siguiente:

La temperatura de trabajo que se estableció para el ACS era de 60°C y la del suelo radiante de 35°C. Debido a que el aerotermo es un sistema de intercambio de calor único este calentara el agua indistintamente de su función y por ello tendrá que hacerlo a la máxima temperatura, en este caso la del ACS.

Por esto y debido a que el sistema de suelo radiante no puede trabajar a estas altas temperaturas el agua de este se deberá mezclar con agua de red o dejara enfriar en un acumulador para su uso. Esto es claramente un sistema ineficiente principalmente porque la temperatura a la que calentamos el agua interviene directamente en el rendimiento del sistema. Y a mayor temperatura de calentamiento menor rendimiento del sistema.

Se calculan ahora los rendimientos de la bomba de calor según la temperatura de trabajo. Se supondrá que la bomba está trabajando en las condiciones más desfavorables de temperatura exterior. Con esto y a partir de los datos entregados por el fabricante se obtiene que para la obtención de ACS la bomba trabaja con un COP de 2,7 y para la opción 3 el suelo radiante estaría trabajando con un COP de 4,8. Con esto se calculan los consumos aproximados para ambas opciones.

### Opción 1

Tabla 21: Consumo aerotermo opción 1

| MES     | Demanda ACS(kWh) | Demanda Calefacción(kWh) | Eléctrico(kWh) |
|---------|------------------|--------------------------|----------------|
| ENERO   | 166,87           | 1396,63                  | 579,08         |
| FEBRERO | 122,00           | 1109,06                  | 455,95         |
| MARZO   | 105,60           | 594,41                   | 259,26         |
| ABRIL   | 65,94            | 416,05                   | 178,52         |
| MAYO    | 34,89            | 27,50                    | 23,11          |
| JUNIO   | 14,63            | 0,00                     | 5,42           |

|            |        |            |         |
|------------|--------|------------|---------|
| JULIO      | 1,55   | 0,00       | 0,57    |
| AGOSTO     | 9,22   | 0,00       | 3,42    |
| SEPTIEMBRE | 39,51  | 0,00       | 14,63   |
| OCTUBRE    | 87,36  | 0,00       | 32,36   |
| NOVIEMBRE  | 133,74 | 790,33     | 342,25  |
| DICIEMBRE  | 177,33 | 1495,36    | 619,51  |
|            |        | Anual(kWh) | 2514,07 |

### Opción 3

Tabla 22: Consumo aerotermo opción 2

| MES        | Demanda ACS(kWh) | Demanda calefacción(kWh) | Eléctrico(kWh) | Apoyo(kWh) |
|------------|------------------|--------------------------|----------------|------------|
| ENERO      | 166,87           | 1396,63                  | 303,62         | 166,87     |
| FEBRERO    | 122,00           | 1109,06                  | 241,10         | 122,00     |
| MARZO      | 105,60           | 594,41                   | 129,22         | 105,60     |
| ABRIL      | 65,94            | 416,05                   | 90,45          | 65,94      |
| MAYO       | 34,89            | 27,50                    | 5,98           | 34,89      |
| JUNIO      | 14,63            | 0,00                     | 0,00           | 14,63      |
| JULIO      | 1,55             | 0,00                     | 0,00           | 1,55       |
| AGOSTO     | 9,22             | 0,00                     | 0,00           | 9,22       |
| SEPTIEMBRE | 39,51            | 0,00                     | 0,00           | 39,51      |
| OCTUBRE    | 87,36            | 0,00                     | 0,00           | 87,36      |
| NOVIEMBRE  | 133,74           | 790,33                   | 171,81         | 133,74     |
| DICIEMBRE  | 177,33           | 1495,36                  | 325,08         | 177,33     |
|            |                  | Anual (kWh)              | 1267,25        | 958,64     |

A la vista de estos resultados se va a calcular ahora cual sería la máxima producción de energía eléctrica que podemos obtener y se analizara cuál de las dos opciones anteriores puede ser más viable.

### Generación eléctrica

Con lo visto anteriormente la alternativa de generación eléctrica que se considerara será la de las placas fotovoltaicas. Se calculara ahora las aportaciones de energía eléctrica que se pueden conseguir con estas instalaciones y qué % de la demanda de consumo eléctrico pueden cubrir.

Para realizar el cálculo de la potencia necesaria a instalar primero introducimos el concepto de hora solar pico (HSP) que sería el número de horas al día que existen 1000 Wh/m<sup>2</sup>. Los fabricantes de placas entregan valores de potencia pico que están calculados para este valor de irradiancia, con ello se puede calcular la producción aproximada de la instalación.

Se supondrán unos paneles solares de 260 W de potencia y se calcularan el número necesario de los mismos para las opciones 1, 2 y 3.

Tabla 23: Paneles necesarios según opción

| MES        | Irradiación<br>(kWh/m <sup>2</sup> día)<br>Noroeste 20° | HSP | Opción 1<br>N de<br>placas | Opción 2<br>N de<br>placas | Opción 3<br>N de<br>placas |
|------------|---|-----|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| ENERO      | 1,0   | 1,0 | 136,7                      | 66,0                       | 103,0                      |
| FEBRERO    | 1,6   | 1,6 | 80,9                       | 41,8                       | 62,5                       |
| MARZO      | 2,5   | 2,5 | 40,1                       | 27,1                       | 33,6                       |
| ABRIL      | 3,5   | 3,5 | 25,5                       | 19,0                       | 22,3                       |
| MAYO       | 4,4   | 4,4 | 15,9                       | 15,2                       | 15,4                       |
| JUNIO      | 4,9   | 4,9 | 14,0                       | 13,8                       | 13,8                       |
| JULIO      | 4,8   | 4,8 | 14,0                       | 14,0                       | 14,0                       |
| AGOSTO     | 4,2   | 4,2 | 16,0                       | 15,9                       | 15,9                       |
| SEPTIEMBRE | 3,1   | 3,1 | 21,9                       | 21,4                       | 21,4                       |
| OCTUBRE    | 2,0   | 2,0 | 35,0                       | 33,0                       | 33,0                       |
| NOVIEMBRE  | 1,2   | 1,2 | 92,2                       | 55,7                       | 74,0                       |
| DICIEMBRE  | 0,9   | 0,9 | 159,9                      | 74,5                       | 119,3                      |

Se considerara ahora el número máximo de placas que se pueden instalar en el tejado, que será el único lugar en el que se puedan instalar las placas. Se dispone de un superficie de 102,8 m<sup>2</sup> y cada una de las placas tienen una superficie de 1,7m<sup>2</sup>. Por tanto se podrían instalar un número máximo de 60 placas. La instalación de este número de placas supondría superar los 10 kW de potencia lo cual conllevaría un pago extra que no haría rentable la instalación. Por ello se establece el nuevo límite de placas en 38.

A partir de esto se analiza que resulta más conveniente si la instalación de baterías o la conexión a la red. Por un lado se puede observar que para meses de invierno para cualquiera de las tres opciones se necesitaría instalar un mayor número de placas que el máximo disponible además debido a la climatología de la zona en la que es habitual días seguidos sin sol puede que la profundidad de descarga de las baterías no sea suficiente. Por tanto se considerara que una instalación aislada es inviable y se considerara la instalación conectada a la red.

En una instalación conectada a la red el exceso de energía producida es entregado a la red sin beneficio alguno. Es decir no se aplica el balance neto, el cual consiste en que la energía sobrante se entrega a la red esta y se descuenta de la parte que luego sea consumida. Esta metodología sí que se encuentra funcionando en otros países y es posible que lo haga en España dentro de no mucho tiempo.

Ahora se calculara la demanda de potencia que supondría la instalación de la opción 2 de la caldera de biomasa tanto para calefacción como para ACS. Se supone que la caldera tiene un rendimiento del 90% y que trabaja 5 horas al día. Se calcula entonces la potencia de la caldera necesaria para la instalación.

Tabla 24: Consumo caldera de biomasa

| MES        | ACS (kWh) | Calefacción (kWh) | Total real (kWh) | Potencia(kW) |
|------------|-----------|-------------------|------------------|--------------|
| ENERO      | 166,871   | 1396,632          | 1737,226         | 11,208       |
| FEBRERO    | 121,998   | 1109,063          | 1367,846         | 8,825        |
| MARZO      | 105,600   | 594,409           | 777,787          | 5,018        |
| ABRIL      | 65,942    | 416,055           | 535,552          | 3,455        |
| MAYO       | 34,890    | 27,495            | 69,317           | 0,447        |
| JUNIO      | 14,632    | 0,000             | 16,258           | 0,105        |
| JULIO      | 1,548     | 0,000             | 1,720            | 0,011        |
| AGOSTO     | 9,223     | 0,000             | 10,248           | 0,066        |
| SEPTIEMBRE | 39,511    | 0,000             | 43,902           | 0,283        |
| OCTUBRE    | 87,362    | 0,000             | 97,069           | 0,626        |
| NOVIEMBRE  | 133,739   | 790,334           | 1026,747         | 6,624        |
| DICIEMBRE  | 177,329   | 1495,359          | 1858,543         | 11,991       |

Se va a realizar ahora una pequeña comparativa económica entre las opciones 2 y 3 para ver las principales diferencias entre ambas. Para ello se establecerán ciertas consideraciones:

- Se supondrá un coste de biomasa de 0,03 €/kWh , de gas 0,05 €/kWh y de electricidad de 0,14€/kWh
- Se instalaran 20 placas para la opción 2 y 27 para la opción 3.
- El rendimiento del calentador a gas y de la caldera de biomasa se supondrá del 90%

Tabla 25: Comparativa inversión opciones 2 y 3

| Inversión | Kit solar 20 placas | Kit solar 27 placas | Equipo calefacción | Equipo ACS | Total       |
|-----------|---------------------|---------------------|--------------------|------------|-------------|
| Opción 2  | 5.800,00 €          |                     | 9.500,00 €         |            | 15.300,00 € |
| Opción 3  |                     | 7.000,00 €          | 1.800,00 €         | 900,00 €   | 9.700,00 €  |

Tabla 26: Comparativa de consumos opción 2 y 3

| Consumo  | Eléctrico | Biomasa  | Gas Natural | Total    |
|----------|-----------|----------|-------------|----------|
| Opción 2 | 240,15 €  | 203,64 € |             | 443,79 € |
| Opción 3 | 353,10 €  |          | 47,93 €     | 401,04 € |

Se puede observar que la 3ª opción resulta la más viable económicamente. Además frente a la 2ª esta es bastante más fácil de operar y apenas necesita mantenimiento. A pesar de que la opción 3 de uso de una energía considerada no renovable como es el gas natural su uso será tan pequeño y se hará de una manera tan eficiente que no afectara apenas a la sostenibilidad de la casa.

Con todo esto se considera que la opción 3 es la más adecuada para la instalación.

## 9.2 Dimensionado de las instalaciones

En este subapartado habiéndose seleccionado ya las instalaciones para la vivienda ahora se pasara a dimensionarlas.

Se comenzara con el cálculo y dimensionamiento de la instalación solar térmica para la obtención de ACS:

### 9.2.1 Instalación solar térmica

En primer lugar se decidirá el lugar donde se ubicara la instalación. Normalmente el lugar ideal para la colocación de este tipo de instalación es el tejado de la vivienda. En el caso de la vivienda de la que disponemos, su tejado se encuentra orientado hacia el Noroeste y con una inclinación de 35° sobre la horizontal. Se plantearan 2 opciones de instalación y se compararan los resultados de ambas. Una opción será colocar el colector sobre la horizontal del tejado y otra será la de colocar el colector en la terraza orientada al Sureste con una inclinación de 50° sobre la horizontal. Para ambas se necesitaría una estructura que proporcione la inclinación adecuada.

El fabricante del colector solar nos indica el tamaño del colector, el rendimiento de absorción y las pérdidas por conducción y convección que tiene. Con todo esto se puede calcular el % de demanda de ACS que se puede cubrir.

Tabla 27: %Cubierto instalación solar térmica según orientación

| MES        | Irradiación (kWh/m <sup>2</sup> día) Horizontal | Irradiación(kWh/m <sup>2</sup> día) 50° | Demanda ACS (kWh) | %Cubierto horizontal | %Cubierto 50° |
|------------|---|---|-------------------|----------------------|---------------|
| ENERO      | 1,3   | 1,8                                     | 257,0             | 24,0                 | 35,1          |
| FEBRERO    | 2,0   | 2,4                                     | 227,6             | 36,5                 | 46,4          |
| MARZO      | 2,8   | 3,0                                     | 252,0             | 52,4                 | 58,1          |
| ABRIL      | 3,9   | 3,6                                     | 239,0             | 72,7                 | 72,4          |
| MAYO       | 4,7   | 4,1                                     | 236,8             | 92,2                 | 85,3          |
| JUNIO      | 5,1   | 4,3                                     | 219,5             | 104,2                | 93,3          |
| JULIO      | 5,1   | 4,4                                     | 216,7             | 108,9                | 99,3          |
| AGOSTO     | 4,6   | 4,2                                     | 216,7             | 98,1                 | 95,7          |
| SEPTIEMBRE | 3,6   | 3,7                                     | 214,6             | 75,1                 | 81,6          |
| OCTUBRE    | 2,5   | 2,9                                     | 231,8             | 50,0                 | 62,3          |
| NOVIEMBRE  | 1,6   | 2,2                                     | 239,0             | 30,4                 | 44,0          |
| DICIEMBRE  | 1,1   | 1,5                                     | 252,0             | 20,4                 | 29,6          |

Como se puede observar a pesar de que en los meses de Verano el colector dispuesto en horizontal obtenga mayores aportaciones, y la aportación total de ambos sea prácticamente la misma se seleccionara el que se encuentra a 50° porque este aportara mayor cantidad en meses de Invierno de mayor demanda y no producirá en tanto exceso los meses de Verano estando mejor adaptada su producción a los consumos de la vivienda.

Una vez seleccionado el colector habrá que dimensionar el resto de elementos de la instalación.

### **Acumulador**

El acumulador debería ser capaz de almacenar el agua durante varios días en los que no se pudiese calentar la misma por falta de sol. Sin embargo como la instalación solar térmica no cubre toda la demanda de ACS y como por el CTE el acumulador de ACS de una instalación solar térmica no puede disponer de un dispositivo auxiliar. El acumulador se dimensionara para la capacidad aproximada del consumo diario que es de 140 litros/día. Se decide instalar entonces un acumulador de suelo Chromagen de 150 litros de acero para agua caliente sanitaria con doble envolvente y tratamiento vitrificado.

### **9.2.2 Apoyo de ACS**

Como apoyo del sistema de ACS se selecciona el calentador CALENTADOR JUNKERS MINIMAXX WR 11-2KB el cual consiste en una sola pieza que normalmente va anclada a la pared en la que se encuentra tanto el depósito como el quemador del gas. El dispositivo tiene la opción de regular la temperatura de salida del agua. Dispone de un encendido rápido por batería y un apagado rápido que permite ahorrar energía.

Como se ha comentado anteriormente este no puede suministrar agua caliente al interacumulador del sistema solar térmico. Por tanto deberá estar conectado a un dispositivo que le indique cuando el nivel del interacumulador está por debajo de un mínimo para arrancar su funcionamiento

### **9.2.3 Aerotermo**

#### **Unidad exterior**

La unidad exterior constituye la bomba de calor como tal. Se selecciona el modelo Genia Air Bomba de calor monoblock aire-agua y concretamente el de 5kW de potencia que cubrirá las necesidades de calefacción. El dispositivo está compuesto por el circuito frigorífico, un compresor inverter de doble pistón y la válvula de expansión electrónica.

#### **Unidad interior**

Como ya se comentó anteriormente el sistema de calefacción es de tipo suelo radiante. El agua que circulara por los tubos a cierta temperatura deberá ser calentada a unos 35 °C, para ello se utilizara un intercambiador a contraflujo de alto rendimiento.

No se considera la instalación de un depósito interacumulador ya que por un lado no se necesita un calentamiento rápido del agua por ser un sistema de calefacción y no de ACS y por otro porque el sistema tiene un arranque y parada que permiten en poco tiempo empezar a funcionar al sistema.

#### 9.2.4 Instalación fotovoltaica

Se decida instalar 27 paneles de tipo ecosolar de alto rendimiento de 260W de potencia.

Respecto a la disposición de su instalación se considera que debido a la gran cantidad de paneles que se van a instalar se realizara una conexión mixta tipo serie-paralelo con un voltaje de la instalación de 24 V.

##### **Inversor**

Se dimensionara un inversor para la máxima potencia de la instalación es decir de 6500 W este transformara la corriente de entrada monofásica de 24V a una de salida monofásica a 220 V y 50 Hz.

Además para la conexión entre el inversor y los paneles utilizaremos un cableado especial de 6mm de espesor para evitar el sobrecalentamiento en días de gran producción.

##### **Sistema de inyección cero**

Este sistema sirve para evitar que los excesos de producción de energía se viertan a la red. Se desestima la instalación de este sistema ya que no supone ningún ahorro su instalación y además debido a que este actúa de forma instantánea pero sin embargo el saldo neto se aplica de forma horaria podrían darse situaciones en las que podríamos reducir la cantidad de energía que podemos utilizar a nuestro favor.

## 10. Estudio económico

En este apartado se realizará un análisis de los costes y el presupuesto necesario para realizar la rehabilitación de la vivienda y la instalación de equipos de la vivienda. Para obtener los precios aproximados se ha utilizado por un lado los datos de las fichas técnicas de los equipos y por otro se accedido a la base de datos de una página web [6]. A partir del presupuesto realizado (Ver.-Anexo3 Presupuesto) se obtiene la siguiente distribución de costes:

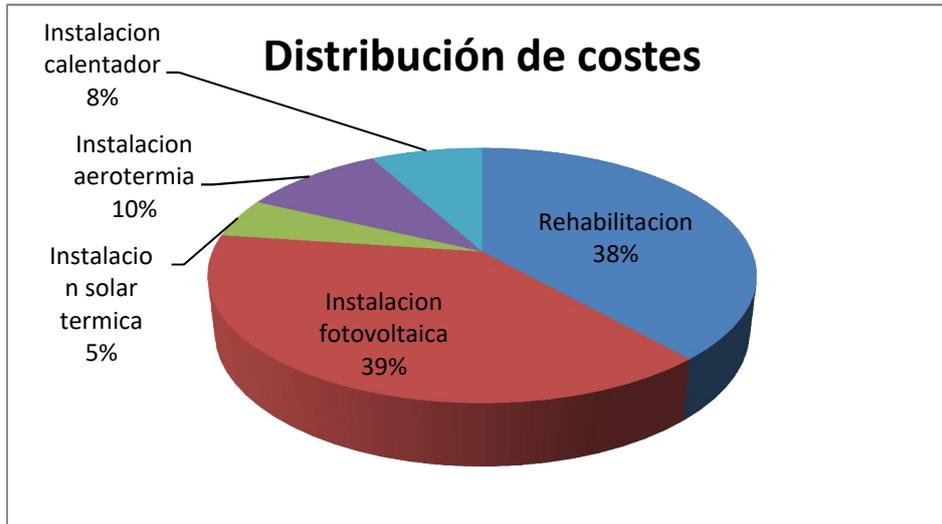


Ilustración 13: Distribución de costes

Como se puede observar tanto la instalación fotovoltaica como la rehabilitación de la vivienda son las partes más caras del proyecto, esto es debido en el caso de rehabilitación a que necesitan de mayor cantidad de horas de trabajo. Y en el caso de la instalación fotovoltaica porque esta es de una gran envergadura y pretende directa e indirectamente abastecer a la vivienda del consumo de calefacción y consumo eléctrico.

Resulta interesante realizar una comparativa entre los diferentes gastos de rehabilitación de la vivienda y la reducción de consumo que estos reportan.

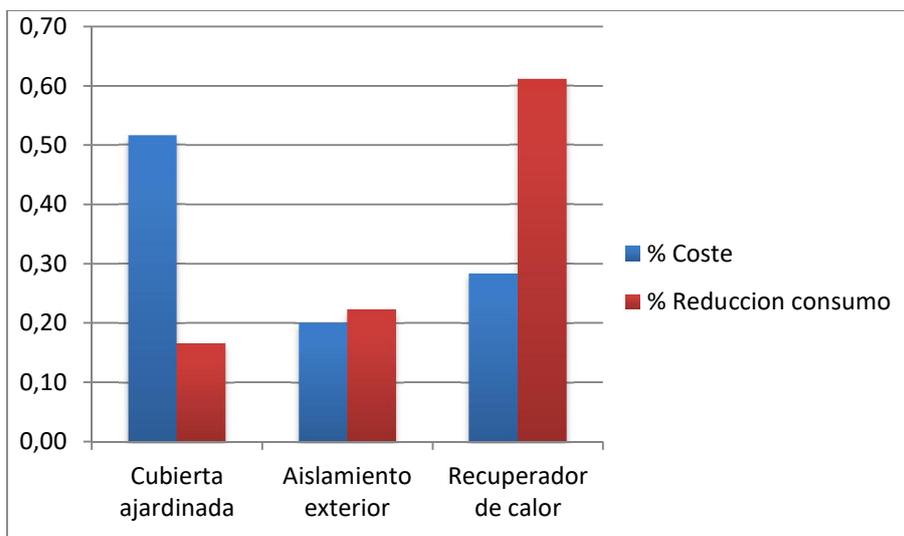


Ilustración 14: Comparativa inversión rehabilitación

Como se puede observar la mayor reducción de consumo viene dada por el recuperador de calor sin embargo y a pesar de ser la que menos reduce el consumo la cubierta ajardinada es la más cara. Podría entonces decirse que esta no resulta del todo rentable sin embargo se puede considerar útil si se tiene en cuenta los beneficios que suponen anteriormente mencionados y a pesar de que reduce el consumo esta no sería su medida principal.

Ahora se realiza una tabla con el gasto total de la rehabilitación frente al ahorro energético de la misma en esta no se considerara la cubierta ajardinada porque su instalación no se considera rentable para el ahorro de consumo energético:

**Tabla 28: Ahorro económico tras rehabilitación**

|               | <b>Gasto</b> | <b>Ahorro</b> | <b>Total</b> |
|---------------|--------------|---------------|--------------|
| <b>Año 0</b>  | 3.420,00 €   | 0,00 €        | -3.420,00 €  |
| <b>Año1</b>   |              | 352,28 €      | -3.067,72 €  |
| <b>Año 2</b>  |              | 352,28 €      | -2.715,44 €  |
| <b>Año 3</b>  |              | 352,28 €      | -2.363,16 €  |
| <b>Año 4</b>  |              | 352,28 €      | -2.010,88 €  |
| <b>Año 5</b>  |              | 352,28 €      | -1.658,60 €  |
| <b>Año6</b>   |              | 352,28 €      | -1.306,32 €  |
| <b>Año7</b>   |              | 352,28 €      | -954,04 €    |
| <b>Año8</b>   |              | 352,28 €      | -601,76 €    |
| <b>Año 9</b>  |              | 352,28 €      | -249,48 €    |
| <b>Año 10</b> |              | 352,28 €      | 102,80 €     |
| <b>Año 11</b> |              | 352,28 €      | 455,08 €     |

Como se puede observar los beneficios de la inversión se comenzarían a ver a partir del año 10 lo cual es un poco tardío pero se considera que puede ser interesante por varios motivos: El primero es que a pesar de que no suponerse un gran ahorro económico sí que supone un gran ahorro energético reduciendo la demanda casi hasta la mitad de la original, elevando considerablemente la eficiencia de la vivienda. También hay que sumarle otras ventajas que introducen estas instalaciones que se comentaron anteriormente.

Ahora se realizara una comparativa entre las instalaciones que se eligieron para abastecer la demanda de energía de la vivienda frente a las de uso convencional. Para ello supondremos que las de uso convencional hacen uso de una caldera de gas natural para la demanda de ACS y calefacción y el consumo eléctrico se toma directamente de la red. Se compara solo el gasto del coste de la caldera y acumulador la inversión de la instalación del proyecto sin considerar la instalación solar térmica al ser esta obligatoria en ambos casos. No se aplica el balance neto en la instalación fotovoltaica y se considera que la producción eléctrica de más se aporta a la red sin beneficio alguno.

Tabla 29: Costes iniciales

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| Coste instalación vivienda     | 10.560,00 |
|                                | €         |
| Coste instalación convencional | 2.500,00  |
|                                | €         |
| Precio electricidad kWh        | 0,13      |
|                                | €         |
| Precio gas natural kWh         | 0,05      |
|                                | €         |

Tabla 30: Consumos anuales por instalación

|                         |  | Instalación<br>gas | Instalación<br>vivienda |
|-------------------------|--|--------------------|-------------------------|
| Consumo eléctrico anual |  | 6360,13kWh         | 2094,73kWh              |
| Consumo gas anual       |  | 8098,94kWh         | 958,60kWh               |

Tabla 31: Coste anual según instalación

|        | Caldera de<br>gas | de<br>Instalación<br>estudio |
|--------|-------------------|------------------------------|
| Año 0  | 2.500,00 €        | 10.560,00 €                  |
| Año 1  | 3.795,36 €        | 10.880,25 €                  |
| Año 2  | 5.090,72 €        | 11.200,50 €                  |
| Año 3  | 6.386,08 €        | 11.520,75 €                  |
| Año 4  | 7.681,44 €        | 11.841,00 €                  |
| Año 5  | 8.976,80 €        | 12.161,25 €                  |
| Año 6  | 10.272,16 €       | 12.481,50 €                  |
| Año 7  | 11.567,52 €       | 12.801,75 €                  |
| Año 8  | 12.862,88 €       | 13.122,00 €                  |
| Año 9  | 14.158,24 €       | 13.442,25 €                  |
| Año 10 | 15.453,60 €       | 13.762,50 €                  |
| Año 11 | 16.748,96 €       | 14.082,75 €                  |

Como se puede observar a partir del noveno año resulta más cara la instalación de la caldera de gas por ello y teniendo en cuenta que además la instalación elegida resulta mucho más respetuosa con el medio ambiente se considera que la elección del sistema para la vivienda es el adecuado.

Por último se realiza una comparativa de la situación actual con el caso en el que se aplicase un balance neto. Aplicando el balance neto se pasaría de un consumo anual de electricidad de 327,88€ a un consumo de 146,40€ lo que supondría una reducción de más del 50 % del gasto en el consumo de la vivienda.

## 11. Conclusiones

Las conclusiones que se han obtenido a partir de la realización de este trabajo se pueden dividir en dos grupos: Las que son conclusión directa del proyecto en sí y las que son conclusiones obtenidas a partir del proyecto pero aplicables al concepto de Arquitectura bioclimática en general. Empezando por las primeras se concluye que:

- Respecto a las tres medidas de mejora aplicadas para la vivienda la más relevante y la que mayores beneficios aportara a la vivienda será la del sistema de ventilación forzada con sistema de recuperación ya que reduce las pérdidas por ventilación casi al mínimo y además genera un ambiente de confort en la casa.
- La consideración de separar el ACS de la calefacción con el uso del aerotermo se considera una medida que aumenta la eficiencia de la vivienda considerablemente al estar usándose la bomba de calor a un mayor rendimiento.
- En la zona climática en la que se encuentra la vivienda resulta muy complicada la instalación de un sistema fotovoltaico sin conexión a la red debido a que el gasto que supondría en baterías sería demasiado alto.
- Se considera que el proyecto realizado es viable económicamente y cumple con los objetivos iniciales de la obtención de una casa más respetuosa con el medio ambiente y eficiente. A pesar de esto para que este grado de eficiencia sea el ideal se deberán seguir ciertos hábitos de consumo por parte de sus habitantes como por ejemplo:
  - Reducir la apertura de las ventanas de la vivienda para no perder el calor en días de invierno.
  - Tratar de realizar el mayor consumo en horas de sol.
  - Hacer un uso responsable del ACS de la vivienda.

Las conclusiones más generales obtenidas sobre este proyecto serían:

- Hoy en día la manera más eficiente para reducir el consumo de calefacción en la vivienda pasa por un buen aislamiento térmico en los cerramientos opacos. Y el uso de ventanas que permitan absorber gran cantidad calor posible de la radiación y evitar al máximo las pérdidas al exterior. Si a esto se le suma un sistema de ventilación forzado con recuperador de calor y sin pérdidas por infiltraciones se podría conseguir una vivienda con consumo de calefacción casi nulo.
- La aplicación del balance neto en las instalaciones fotovoltaicas aumentan la eficiencia y rentabilidad de estas de una manera bastante considerable. A pesar de que sin él también se puedan considerar rentables estas instalaciones requieren de un esfuerzo económico inicial que en ocasiones no es asumible.

- Se podría decir como conclusión final que una vivienda bioclimática ideal integrada en su entorno de cero consumo y autónoma es posible. Siempre y cuando esta se encuentre en una zona de climatología moderada y se realice un considerable esfuerzo económico para su construcción.



## 12. Referencias

| [+] | Contenido                                 | Dirección   |
|-----|---|---|
| 1   | Información meteorológica Mungia          | <a href="https://www.meteoblue.com/es/tiempo/pro-&lt;br/&gt;nóstico/modelclimate/mungia_espa%C3%B&lt;br/&gt;1a_3115907">https://www.meteoblue.com/es/tiempo/pro<br/>nóstico/modelclimate/mungia_espa%C3%B<br/>1a_3115907</a>  |
| 2   | CERMA Programa calculo demanda energética | <a href="http://www.mincotur.gob.es/ENERGIA/DESA&lt;br/&gt;RROLLO/EFICIENCIAENERGETICA/CERTIFICA&lt;br/&gt;CIONENERGETICA/DOCUMENTOSRECONOCI&lt;br/&gt;DOS/Paginas/procedimientos-certificacion-&lt;br/&gt;proyecto-terminados.aspx">http://www.mincotur.gob.es/ENERGIA/DESA<br/>RROLLO/EFICIENCIAENERGETICA/CERTIFICA<br/>CIONENERGETICA/DOCUMENTOSRECONOCI<br/>DOS/Paginas/procedimientos-certificacion-<br/>proyecto-terminados.aspx</a>                     |
| 3   | Atlas de radiación solar                  | <a href="http://www.eve.eus/CMSPages/GetFile.aspx&lt;br/&gt;?guid=0bacc814-bb5f-4f09-8906-&lt;br/&gt;904838d2647b">http://www.eve.eus/CMSPages/GetFile.aspx<br/>?guid=0bacc814-bb5f-4f09-8906-<br/>904838d2647b</a>   |
| 4   | Beneficios cubiertas ajardinadas          | <a href="https://www.sempergreen.com/es/solucion&lt;br/&gt;es/cubiertas-vegetales/beneficios">https://www.sempergreen.com/es/solucion<br/>es/cubiertas-vegetales/beneficios</a>   |
| 5   | Resistencia térmica cubiertas ajardinadas | <a href="http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle&lt;br/&gt;/2250/130298/cf-canales_mg.pdf">http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle<br/>/2250/130298/cf-canales_mg.pdf</a>   |
| 6   | Precios de instalaciones                  | <a href="http://www.generadordeprecios.info/obra_n&lt;br/&gt;ueva/Aislamientos_e_impermeabilizaciones&lt;br/&gt;/Aislamientos_termicos/Muros_en_contacto&lt;br/&gt;_con_el_terreno/NAB020_Aislamiento_termi&lt;br/&gt;co_por_el_exterior.html">http://www.generadordeprecios.info/obra_n<br/>ueva/Aislamientos_e_impermeabilizaciones<br/>/Aislamientos_termicos/Muros_en_contacto<br/>_con_el_terreno/NAB020_Aislamiento_termi<br/>co_por_el_exterior.html</a> |

**Anexo 1: Normativa aplicable**

CTE-DB-HS Código Técnico de la edificación Parte II, Salubridad7

CTE-DB-HE Código Técnico de la edificación Parte II, Ahorro de Energía

- Cálculo del factor solar:

**2.2 Factor solar modificado de huecos y lucernarios**

El factor solar modificado en el hueco  $F_H$  o en el lucernario  $F_L$  se determina utilizando la siguiente expresión:

$$F = F_s \cdot [(1 - FM) \cdot g + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha] \tag{11}$$

siendo,

$F_s$  el factor de sombra del hueco o lucernario obtenido de las tablas 11 a 15 en función del dispositivo de sombra o mediante simulación. En caso de que no se justifique adecuadamente el valor de  $F_s$  se debe considerar igual a la unidad;

$FM$  la fracción del hueco ocupada por el marco en el caso de ventanas o la fracción de parte maciza en el caso de puertas;

$g$  el factor solar de la parte semitransparente del hueco o lucernario a incidencia normal.

$U_m$  la transmitancia térmica del marco del hueco o lucernario [ $W/m^2 \cdot K$ ];

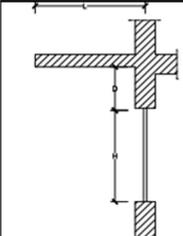
$\alpha$  la absorptividad del marco obtenida de la tabla 10 en función de su color.

**Tabla 11 Absortividad del marco para radiación solar  $\alpha$**

| Color    | Claro | Medio | Oscuro |
|----------|-------|-------|--------|
| Bianco   | 0,20  | 0,30  | -      |
| Amarillo | 0,30  | 0,50  | 0,70   |
| Beige    | 0,35  | 0,55  | 0,75   |
| Marrón   | 0,50  | 0,75  | 0,92   |
| Rojo     | 0,65  | 0,80  | 0,90   |
| Verde    | 0,40  | 0,70  | 0,88   |
| Azul     | 0,50  | 0,80  | 0,95   |
| Gris     | 0,40  | 0,65  | -      |
| Negro    | -     | 0,96  | -      |

- Calculo factor de sombra:

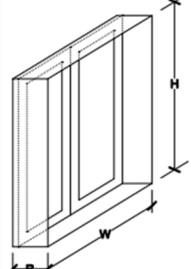
**Tabla 12 Factor de sombra para obstáculos de fachada: Voladizo**



|       |                      | $0,2 < L/H \leq 0,5$ | $0,5 < L/H \leq 1$ | $1 < L/H \leq 2$ | $L/H > 2$ |
|-------|----------------------|----------------------|--------------------|------------------|-----------|
| S     | $0 < D/H \leq 0,2$   | 0,82                 | 0,50               | 0,28             | 0,16      |
|       | $0,2 < D/H \leq 0,5$ | 0,87                 | 0,64               | 0,39             | 0,22      |
|       | $D/H > 0,5$          | 0,93                 | 0,82               | 0,60             | 0,39      |
| SE/SO | $0 < D/H \leq 0,2$   | 0,90                 | 0,71               | 0,43             | 0,16      |
|       | $0,2 < D/H \leq 0,5$ | 0,94                 | 0,82               | 0,60             | 0,27      |
|       | $D/H > 0,5$          | 0,98                 | 0,93               | 0,84             | 0,65      |
| E/O   | $0 < D/H \leq 0,2$   | 0,92                 | 0,77               | 0,55             | 0,22      |
|       | $0,2 < D/H \leq 0,5$ | 0,96                 | 0,86               | 0,70             | 0,43      |
|       | $D/H > 0,5$          | 0,99                 | 0,96               | 0,89             | 0,75      |

NOTA: En caso de que exista un retranqueo, la longitud L se medirá desde el centro del acristalamiento.

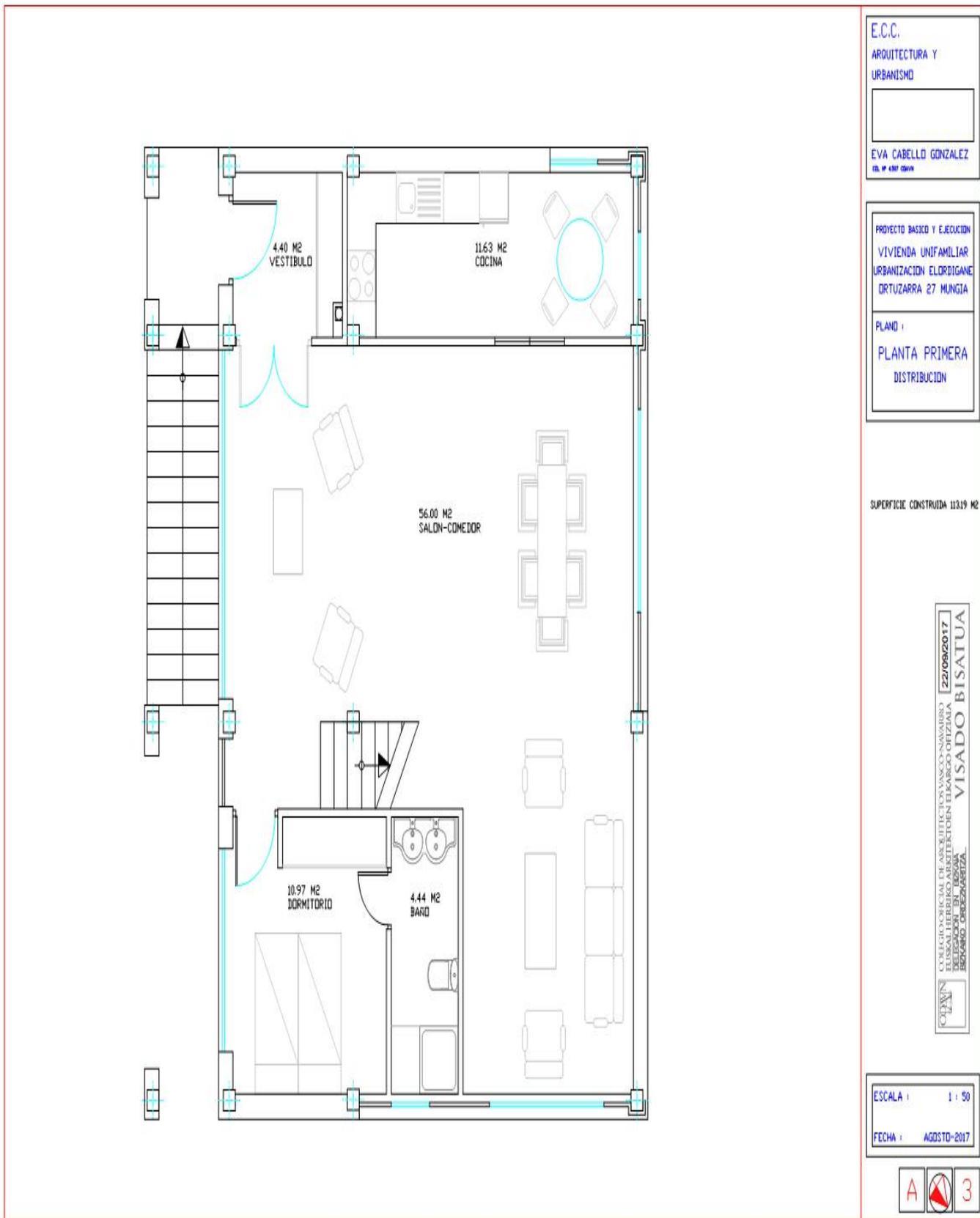
**Tabla 13 Factor de sombra para obstáculos de fachada: Retranqueo**

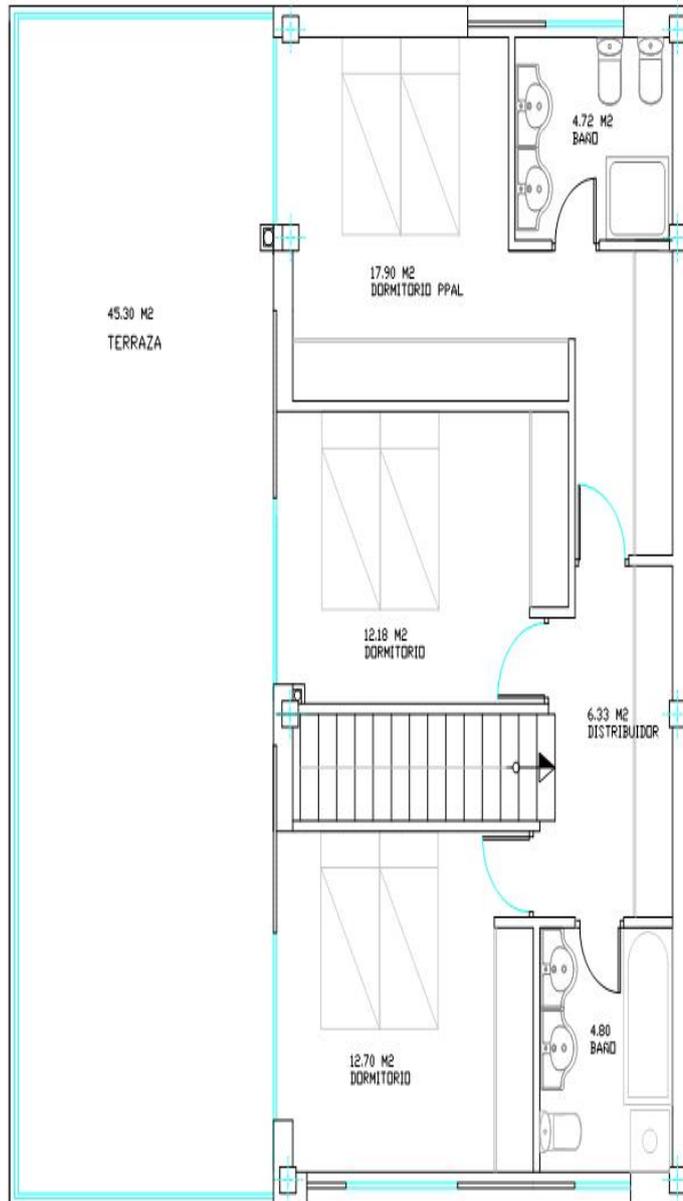


|       |                      | $0,05 < RW \leq 0,1$ | $0,1 < RW \leq 0,2$ | $0,2 < RW \leq 0,5$ | $RW > 0,5$ |
|-------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|------------|
| S     | $0,05 < RH \leq 0,1$ | 0,82                 | 0,74                | 0,62                | 0,39       |
|       | $0,1 < RH \leq 0,2$  | 0,76                 | 0,67                | 0,56                | 0,35       |
|       | $0,2 < RH \leq 0,5$  | 0,56                 | 0,51                | 0,39                | 0,27       |
|       | $RH > 0,5$           | 0,35                 | 0,32                | 0,27                | 0,17       |
| SE/SO | $0,05 < RH \leq 0,1$ | 0,86                 | 0,81                | 0,72                | 0,51       |
|       | $0,1 < RH \leq 0,2$  | 0,79                 | 0,74                | 0,66                | 0,47       |
|       | $0,2 < RH \leq 0,5$  | 0,59                 | 0,56                | 0,47                | 0,36       |
|       | $RH > 0,5$           | 0,38                 | 0,36                | 0,32                | 0,23       |
| E/O   | $0,05 < RH \leq 0,1$ | 0,91                 | 0,87                | 0,81                | 0,65       |
|       | $0,1 < RH \leq 0,2$  | 0,86                 | 0,82                | 0,76                | 0,61       |
|       | $0,2 < RH \leq 0,5$  | 0,71                 | 0,68                | 0,61                | 0,51       |
|       | $RH > 0,5$           | 0,53                 | 0,51                | 0,48                | 0,39       |

BOE-A-2015-10927 Condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.

Anexo 2: Planos vivienda





E.C.C.  
ARQUITECTURA Y  
URBANISMO

EVA CABELLO GONZALEZ  
C.R. Nº 4307 03/04

PROYECTO BASICO Y EJECUCION  
VIVIENDA UNIFAMILIAR  
URBANIZACION ELORDIGANEA  
ORTUZARRA 27 MUNGIA

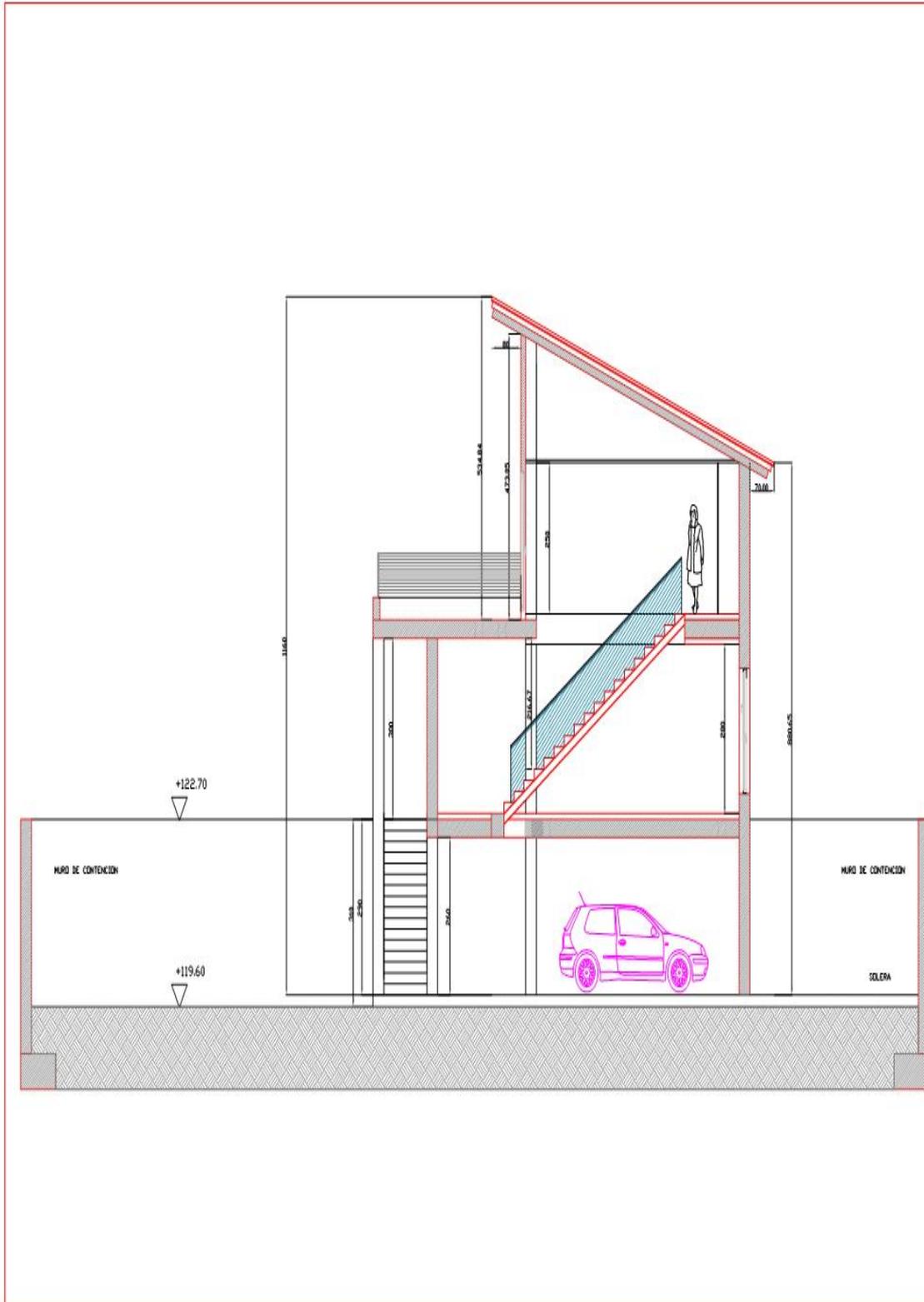
PLANO I  
PLANTA SEGUNDA  
DISTRIBUCION

SUPERFICIE CONSTRUIDA 74.06 M2

22/09/2017  
VISADO BISATUA  
CORRECCION DE ARQUITECTURAS Y URBANISMO  
DELEGACION EN LABORA  
BISATUA - OROZKOA

ESCALA : 1 : 50  
FECHA : AGOSTO-2017





E.C.C.  
 ARQUITECTURA Y  
 URBANISMO  
 EVA CABELLO GONZALEZ  
 COL. Nº 4387 (2014)

PROYECTO BASICO Y EJECUCION  
 VIVIENDA UNIFAMILIAR  
 URBANIZACION ELORDIGANE  
 ORTUZARRA 27 MUNGIA  
 PLANO :  
 SECCION

22/09/2017  
 VISADO BISATUA  
 COLEGIO OFICIAL DE ARQUITECTOS NAVARROS  
 EUSKAL HERRIKO ARQUITECTURAREN ELKAREGI OFIZIALA  
 BEZKOPRO OFIZIALA

ESCALA : 1 : 75  
 FECHA : AGOSTO-2017

A O 8

## Anexo 3: Presupuesto

| Rehabilitación                             | Unidad           | N°<br>Unidades | Precio<br>unidad | Coste       |
|--|------------------|----------------|------------------|-------------|
| <b>Instalación cubierta<br/>ajardinada</b> |                  |                |                  |             |
| Materiales                                 | €/m <sup>2</sup> | 45,3           | 75               | 3.397,50 €  |
| Horas operarios                            | horas            | 25             | 15,00            | 375,00 €    |
|  |                  |                | Total            | 3.772,50 €  |
| <b>Instalación aislamiento</b>             |                  |                |                  |             |
| Materiales                                 | €/m <sup>2</sup> | 87,5           | 14               | 1.225,00 €  |
| Horas operarios                            | €/horas          | 10             | 15               | 150,00 €    |
|  |                  |                | Total            | 1.375,00 €  |
| <b>Recuperador de calor</b>                |                  |                |                  |             |
| Equipo                                     | €/ud             | 1              | 1500             | 1.500,00 €  |
| Sistema de ventilación                     | €/ud             | 1              | 200              | 200,00 €    |
| Horas operarios                            | €/horas          | 23             | 15               | 345,00 €    |
|  |                  |                | Total            | 2.045,00 €  |
| <b>Instalación fotovoltaica</b>            |                  |                |                  |             |
| Kit placas solares                         | €/ud             | 1              | 7000             | 7.000,00 €  |
| Horas operarios                            | €/horas          | 15             | 15               | 225,00 €    |
|  |                  |                | Total            | 7.225,00 €  |
| <b>Instalación solar térmica</b>           |                  |                |                  |             |
| Colector                                   | €/ud             | 1              | 500              | 500,00 €    |
| Interacumulador                            | €/ud             | 1              | 280              | 280,00 €    |
| Horas operarios                            | €/horas          | 10             | 15               | 150,00 €    |
|  |                  |                | Total            | 930,00 €    |
| <b>Instalación aerotermia</b>              |                  |                |                  |             |
| Equipo                                     | €/ud             | 1              | 1800             | 1.800,00 €  |
| Horas operarios                            | €/horas          | 4              | 15               | 60,00 €     |
|  |                  |                | Total            | 1.860,00 €  |
| <b>Instalación calentador</b>              |                  |                |                  |             |
| Equipo                                     | €/ud             | 1              | 200              | 200,00 €    |
| Acometida gas                              | €/ud             | 1              | 900              | 900,00 €    |
| Horas operarios                            | €/horas          | 20             | 15               | 300,00 €    |
|  |                  |                | Total            | 1.400,00 €  |
| <b>Subtotal 1</b>                          |                  |                |                  | 18.607,50 € |
| Costes indirectos                          | 5%               |                |                  | 930,38 €    |
| <b>Subtotal 2</b>                          |                  |                |                  | 19.537,88 € |
| Imprevistos                                | 5%               |                |                  | 976,89 €    |
| <b>Total</b>                               |                  |                |                  | 20.514,77 € |

## Anexo 4: Catálogos y fichas técnicas

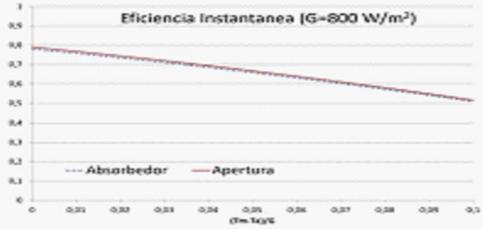
## 1.-Colector solar





## Cap. Solar Plano T25US





**Gráfico de Eficiencia Instantánea (G=800 W/m<sup>2</sup>)**

El gráfico muestra la eficiencia instantánea en función del ángulo de incidencia Dn (%). La eficiencia para el Absorbedor (línea punteada) y la Apertura (línea roja) disminuyen a medida que aumenta el ángulo de incidencia.

**Datos energéticos** **Norma de ensayo EN -12975**

| Referida al área de apertura y T <sub>m</sub>                                 |       |
|---|-------|
| Factor óptico (η <sub>0</sub> )   | 0,79  |
| Factor lineal pérdidas (α <sub>01</sub> ) W/m <sup>2</sup> K                  | 3,49  |
| Factor cuadrático pérdidas (α <sub>02</sub> ) W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> | 0,018 |
| Referida al área del absorbedor y T <sub>m</sub>                              |       |
| Factor óptico (η <sub>0</sub> )   | 0,78  |
| Factor lineal pérdidas (α <sub>01</sub> ) W/m <sup>2</sup> K                  | 3,45  |
| Factor cuadrático pérdidas (α <sub>02</sub> ) W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> | 0,018 |

**Dimensiones**

| Dimensiones externas                  |      |
|---------------------------------------|------|
| Largo (mm)                            | 2130 |
| Ancho (mm)                            | 1200 |
| Fondo (mm)                            | 83   |
| Área del bruta(m <sup>2</sup> )       | 2,5  |
| Área neta (m <sup>2</sup> )           | 2,4  |
| Dimensiones absorbedor                |      |
| Largo (mm)                            | 2057 |
| Ancho (mm)                            | 1155 |
| Área del absorbedor (m <sup>2</sup> ) | 2,4  |

## 2. Aerotermo

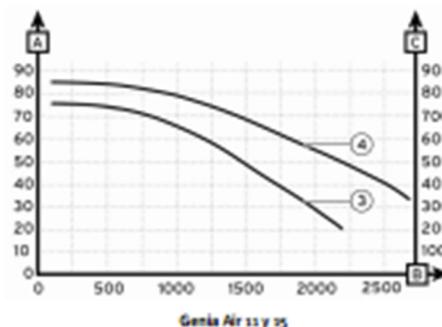
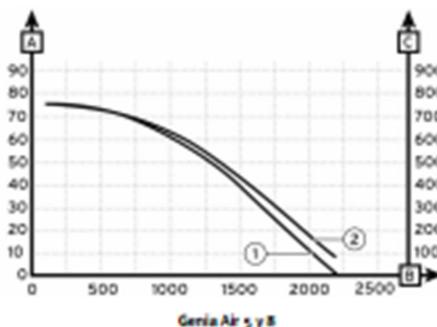


### Bomba de calor Genia Air

| Genia Air                                    | Ud.    | 5               | 8                | 11               | 15                |
|--|--------|-----------------|------------------|------------------|-------------------|
| Pack MiPro inalámbrico                       | Ref.   | 0010023078      | 0010023079       | 0010023080       | 0010023081        |
| Pack MiPro cableado                          | Ref.   | 0010023074      | 0010023075       | 0010023076       | 0010023077        |
| Eficiencia impulsión 35 °C                   |        | A++             | A++              | A+               | A++               |
| Eficiencia impulsión 55 °C                   |        | A+              | A++              | A+               | A+                |
| Alimentación                                 |        | 230 V / 50 Hz   | 230 V / 50 Hz    | 230 V / 50 Hz    | 230 V / 50 Hz     |
| Límite de func. mín / máx (en calefacción)   | °C     | -15 / 28        | -20 / 28         | -20 / 28         | -20 / 28          |
| Límite de func. mín / máx (en refrigeración) | °C     | 10 / 46         | 10 / 46          | 10 / 46          | 10 / 46           |
| Ida 35 °C, retorno 30 °C, temp. seca 7 °C    |        |                 |                  |                  |                   |
| Potencia de calefacción nominal / máx.       | kW     | 4,4 / 7,2       | 7,7 / 9,5        | 10,6 / 11,3      | 14,6 / 16,6       |
| COP nominal / carga parcial                  |        | 4,7 / 5,1       | 4,6 / 4,8        | 4,3 / 4,5        | 4,5 / 4,5         |
| Intensidad eléctrica nominal                 | A      | 4               | 7,72             | 12,04            | 14,8              |
| Ida 38 °C, retorno 25 °C, temp. seca 7 °C    |        |                 |                  |                  |                   |
| Potencia de refrigeración nominal / máx.     | kW     | 4,4 / 6,2       | 7,6 / 8,1        | 10,5 / 11,1      | 13,7 / 14,9       |
| EER nominal / carga parcial                  |        | 3,4 / 5         | 3,6 / 4,3        | 3,4 / 5,6        | 3,2 / 4,1         |
| Intensidad eléctrica nominal                 | A      | 6,1             | 10,61            | 15,69            | 19,1              |
| Ida 7 °C, retorno 12 °C, temp. seca 35 °C    |        |                 |                  |                  |                   |
| Potencia nominal de refrigeración            | kW     | 3,60            | 5,50             | 7,90             | 10,80             |
| Potencia alcanzable en régimen permanente    | kW     | -               | -                | 8,30             | 12,00             |
| Consumo eléctrico nominal                    | kW     | 1,30            | 1,90             | 2,82             | 4,50              |
| EER nominal                                  |        | 2,40            | 2,90             | 2,80             | 2,50              |
| EER alcanzable a carga parcial               |        | 3,50            | 3,00             | 4,20             | 3,00              |
| Intensidad eléctrica nominal                 | A      | 5,90            | 8,60             | 13,38            | 19,60             |
| Circuito frigorífico                         |        |                 |                  |                  |                   |
| Refrigerante / carga                         | - / kg | R-410A / 1,8    | R-410A / 1,95    | R-410A / 3,53    | R-410A / 4,4      |
| Circuito hidráulico                          |        |                 |                  |                  |                   |
| Presión mín./máx.                            | bar    | 1 / 3           | 1 / 3            | 1 / 3            | 1 / 3             |
| Caudal de agua máx.                          | l/h    | 860             | 1.400            | 1.900            | 2.590             |
| Volumen mínimo de agua                       | l      | 17              | 21               | 35               | 60                |
| Presión disponible                           | mbar   | 640             | 450              | 300              | 370               |
| Otras características técnicas               |        |                 |                  |                  |                   |
| Intensidad máxima absorbida                  | A      | 16              | 16               | 20               | 25                |
| Temperatura máxima de ACS                    | °C     | 60              | 63               | 63               | 63                |
| Máximo caudal de aire                        | m³/h   | 2.000           | 2.700            | 3.600            | 5.500             |
| Presión acústica A <sub>7W35</sub> *         | db(A)  | 44              | 46               | 51               | 51                |
| Dimensiones (Alto/Ancho/Profundo)            | mm     | 800 / 980 / 360 | 942 / 1103 / 415 | 942 / 1103 / 415 | 1340 / 1103 / 415 |
| Peso neto                                    | kg     | 86              | 102              | 126              | 165               |
| Conexiones circuito hidráulico               | Pulg.  | 1,25            | 1,25             | 1,25             | 1,25              |

(\*) En campo llano a 2 metros

Curvas

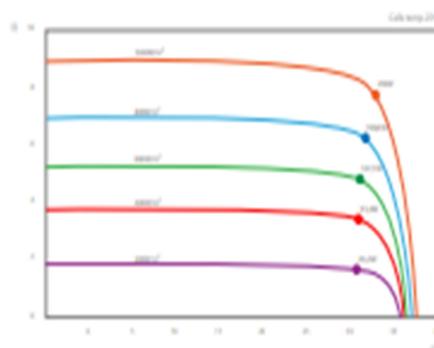


## 3.- Aislante multipor

| Característica  | Descripción   |
|---|---|
| Nombre de producto  | Placa aislante Ytong Multipor   |
| Descripción de producto                                     | Macizo – mineral – monolítico, Aislante de hidrato de calcio-silicato, cal, arena silícea, cemento y agente expansivo (porosidad > 95%)   |
| Aplicaciones  | Aislamiento interior y exterior de cerramientos / Aislamiento superior e inferior de cubiertas y forjados sobre sótanos, garajes, etc. / Aislamiento en cerramientos de dos hojas |
| Dimensiones   | 600 x 390mm<br>Espesores 50/60/80/100/120/140/160/180/200mm<br>Otras dimensiones bajo pedido  |
| Tolerancia dimensional                                      | +/- 2mm   |
| Densidad  | 115 kg/m <sup>3</sup> (aprox.)  |
| Conductividad térmica de cálculo                            | 0,045 W/mK  |
| Dilatación térmica  | 10 <sup>-5</sup> /K   |
| Calor específico  | 1,3 kJ/(kgK)  |
| Difusibilidad al vapor de agua                              | $\mu = 3$   |
| Reacción al fuego   | Clase A1 (no contribuye al fuego)   |
| Resistencia a compresión                                    | > 0,3 MPa (valor medio)   |
| Resistencia a tracción                                      | > 80kPa   |
| Absorción de agua a corto plazo por inmersión (UNE EN 1609) | WP = 2,0 kg/m <sup>2</sup>  |
| Absorción de agua a largo plazo por inmersión (UNE EN 1609) | WLP = 3,0 kg/m <sup>2</sup>   |
| Humedad por absorción                                       | < 6% (Masa)   |
| Otras propiedades   | Sin riesgos biológicos y microbiológicos<br>Inhibe la aparición de hongos y microorganismos<br>Producto ecológico, declaración medioambiental (EPD) según ISO 14025               |

#### 4- Placa fotovoltaica

| Marco   |
|---|
| Aluminio anodizado plateado 0,015 mm                                  |
| Robusto y resistente a la corrosión                                   |
| Toma de tierra incorporada  |
| Caja de conexión  |
| Sellada, robusta y amplia favoreciendo disipación de calor            |
| IP65 según la norma IEC 60529   |
| Diodos by-pass incorporados (3) para protección del sombreado parcial |
| Conector MC4 o compatible, fácil y rápida conexión                    |
| Cables 1 metro longitud y 4 mm <sup>2</sup> sección                   |
| Reacción al Fuego Clase II (conforme a norma UNI 9177)                |
| Frontal   |
| Vidrio templado de 3,2 mm de espesor                                  |
| Texturizado, bajo contenido en hierro, extra-duro                     |
| Células solares   |
| 60 células, silicio policristalino 156x156 mm                         |
| Peso y dimensiones (L x A) +/- 1% mm                                  |
| 20 Kg / 1640/50 x 992 x 35/40 mm                                      |



#### Valores eléctricos

|                        | PEPV 250       | PEPV 255 | PEPV 260 | PEPV 265 | PEPV 270 |
|------------------------|----------------|----------|----------|----------|----------|
| Potencia nominal, Pmpp | 250 W          | 255 W    | 260 W    | 265 W    | 270 W    |
| Tolerancia, Pmpp       | 0 / +3%        | 0 / +3%  | 0 / +3%  | 0 / +3%  | 0 / +3%  |
| Área del módulo        | 1,62           |          |          |          |          |
| Eficiencia del módulo  | 15,05%         | 15,81%   | 16,12%   | 16,36%   | 16,52%   |
| Isc                    | 8,69 A         | 8,76 A   | 8,82 A   | 8,89 A   | 8,98 A   |
| Uoc                    | 37,83 V        | 37,94 V  | 38,10 V  | 38,27 V  | 38,40 V  |
| Imp                    | 8,17 A         | 8,37 A   | 8,47 A   | 8,53 A   | 8,56 A   |
| Ump                    | 30,64 V        | 30,71 V  | 30,83 V  | 30,88 V  | 30,95 V  |
| Tensión máxima         | 1000 V         |          |          |          |          |
| $\alpha$ Isc           | 0,075% / °C    |          |          |          |          |
| $\beta$ Uoc            | -0,312% / °C   |          |          |          |          |
| $\gamma$ Pmax          | -0,405% / °C   |          |          |          |          |
| Rango de temperatura   | -40°C to +85°C |          |          |          |          |
| NOCT                   | 44°C ± 2°C     |          |          |          |          |

NOTA: Lea el manual de instrucciones de este producto y siga sus indicaciones. Valores válidos para: 1000W/m<sup>2</sup>, AM 1.5 y una temperatura de célula de 25°C. Toda la información de este folleto puede ser modificada por Eurenor sin previo aviso.