



---

## Universidad de Valladolid

Optimización del generador energético de viviendas unifamiliares aisladas. Estudio de la instalación de Calefacción/Refrigeración de la Casa Solar de la ETSAV y propuestas de mejora.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Fundamentos de la Arquitectura



Septiembre 2016, Valladolid

Autora: Úrsula Fernández Carriles  
Tutor: Alberto José Meiss Rodríguez



## RESUMEN.

La climatización consiste en dar a un espacio las condiciones adecuadas de temperatura, humedad y presión, necesarias para que dicho espacio goce de un mayor confort.

En cualquier proyecto el diseño de las instalaciones y con ellas del sistema de climatización, se encuentra altamente ligado al diseño estético. En el caso de la Casa Solar Urcomante de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura, esta conexión se consigue gracias a una envolvente bioclimática que permite fluir el aire creando las circulaciones adecuadas para el acondicionamiento del aire interior, tanto para el sistema de climatización como para el de ventilación, dos sistemas que siempre se encuentran unidos, ya que ambos buscan mejorar la calidad del aire interior.

Gracias a esa envolvente bioclimática y a una serie de elementos innovadores realizados por el equipo Urcomante se consigue un nuevo sistema de climatización que combina diversas soluciones, las cuales persiguen mejorar la eficiencia energética de la Casa Solar.

Tras el estudio y el análisis del sistema existente se realizarán una serie de propuestas que sirvan de mejora para los innovadores sistemas de calefacción y refrigeración de la Casa Solar Urcomante.

## PALABRAS CLAVE.

Calefacción/Refrigeración

Confort térmico

Circulación del aire

Envolvente bioclimática

Eficiencia energética

## SUMMARY.

The main purpose of the air conditioning system is to create comfort conditions throughout the year by controlling the temperature, humidity and flow of air inside a structure.

The design of installations as well as that of the air conditioning system is strongly linked to the aesthetic design in any construction project. In the case of the Urcomante solar-powered home developed by the School of Architecture of Valladolid, this connection is achieved due to a bioclimatic envelope that allows the flow of air, providing the sufficient air circulations for the indoor air conditioning and ventilation systems. These two systems are closely tied to improve indoor air quality.

Thanks to that surrounding bioclimatic and to a number of innovative elements carried out by the Urcomante team of architects, a new air conditioning system that combines different solutions is reached in order to enhance the energy efficiency of the above mentioned solar home.

Following the analysis of the existing system, this study will include a number of proposals aimed to improve the innovative heating and refrigeration systems of the Urcomante solar home.

## KEY WORDS.

Heating/ Refrigeration

Thermal comfort

Air circulation

Bioclimatic Envelope

Energy efficiency

## CONTENIDO

RESUMEN.....	2
CONTENIDO.....	4
OBJETIVOS.....	6
INTRODUCCIÓN.....	8
<b>BLOQUE 1: ESTADO ACTUAL .....</b>	<b>10</b>
CONSIDERACIONES GENERALES.....	12
CASA SOLAR URCOMANTE ETSAV. EL PROYECTO.....	14
INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN.....	18
NORMATIVA VIGENTE.....	40
DESARROLLO CONSTRUCTIVO DE LOS CERRAMIENTOS.....	42
LIDER-CALENER.....	45
DESIGN BUILDER.....	46
CÁLCULO DE LAS TRANSMITANCIAS DE LOS CERRAMIENTOS.....	47
PREVISIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA DE LA CASA SOLAR.....	59
CONCLUSIÓN DEL ESTADO ACTUAL.....	69
<b>BLOQUE 2: PROPUESTAS DE MEJORA.....</b>	<b>70</b>
ESTRATEGIAS DE CLIMATIZACIÓN. PROPUESTAS DE MEJORA.....	72
ESTUDIO DE INSTALACIÓN DE BOMBA DE CALOR.....	73
CÁLCULO DEL CONSUMO ELÉCTRICO ACTUAL.....	74
PROPUESTA 1. INCORPORACIÓN DE NUEVA BOMBA DE CALOR.....	75
CÁLCULO DEL NUEVO CONSUMO ELÉCTRICO.....	76
PROPUESTA 2. INCORPORACIÓN DE UN RECUPERADOR DE CALOR.....	77
ESTUDIO DE INCORPORACIÓN DE ALJIBE DE INCENDIOS SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN.....	83
SISTEMAS ALTERNATIVOS DE CLIMATIZACIÓN.....	87
SUELO RADIANTE/TECHO REFRESCANTE.....	87
DISPOSITIVOS DE SOMBREADO PARA LOS LUCERNARIOS.....	88
RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	90
BIBLIOGRAFÍA.....	94

<b>ANEXOS.....</b>	<b>96</b>
ANEXO 1. PLANTA PRINCIPAL DE LA CASA SOLAR.....	98
ANEXO 2. DIFERENTES POSICIONES ESPACIO MULTIFUNCIONAL.....	99
ANEXO 3. ALZADOS DE LA CASA SOLAR. ....	100
ANEXO 4. SECCIONES DE LA CASA SOLAR.....	101
ANEXO 5. VOLUMETRÍA DE LA CASA SOLAR.....	102
ANEXO 6. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA CLIMATIZACIÓN EN INVIERNO DE LA CASA SOLAR. ....	103
ANEXO 7. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA CLIMATIZACIÓN EN VERANO DE LA CASA SOLAR. ....	104
ANEXO 8. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA CLIMATIZACIÓN EN PRIMAVERA/OTOÑO DE LA CASA SOLAR.....	105
ANEXO 9. FICHA TÉCNICA BOMBA DE CALOR ACUAL BUDERUS LOGAFIX.....	106
ANEXO 10. FICHA TÉCNICA PROPUESTA NUEVA BOMBA DE CALOR.....	107
ANEXO 11. ALTERNATIVA BOMBA DE CALOR AIRE-AGUA. ....	110
ANEXO 12. FICHA TÉCNICA RECUPERADOR DE CALOR PROPUESTA DE NUEVA INSTALACIÓN.....	111

## OBJETIVOS.

La elección de este tema como Trabajo Fin de Grado viene motivada principalmente por aumentar el conocimiento de las instalaciones de climatización, muy presentes desde hace tiempo en los edificios públicos pero cada vez más presentes también en las viviendas unifamiliares. Se persigue, además, que a través de este nuevo conocimiento se puedan incluir sistemas alternativos e innovadores a las nuevas construcciones de los empleados hasta el momento.

Por todo ello, el principal objetivo será el estudio de la optimización del generador energético de viviendas unifamiliares aisladas el cuál se realizará a través del estudio de la instalación de calefacción y refrigeración de la Casa Solar de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid, con el propósito final de elaborar una o varias propuestas de mejora de dicho sistema. Con esta finalidad, se siguen diversos objetivos que a continuación se enumeran:

- Estudio y conocimiento en profundidad del proyecto de la Casa Solar de la ETSAV (Casa Urcomante) elaborado para el Solar Decathlon Europe.
- Definición del sistema constructivo y envolvente del edificio, que influirá de manera importante en la instalación de calefacción y refrigeración.
- Conocimiento y definición de los diversos elementos del sistema de climatización de la Casa Solar, la mayor parte de diseño innovador, en las tres opciones estacionales del año.
- Descripción y análisis de la instalación, estudiando así los puntos positivos y negativos de la instalación actual, para poder de esta manera elaborar una o varias propuestas de mejora.
- Elaboración de una propuesta de mejora del generador energético, consiguiendo así mejorar la eficiencia de la Casa Solar.





## INTRODUCCIÓN.

La climatización se fundamenta en conseguir que en un espacio habitable se llegue a unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire convenientes para el confort de las personas que residan en estos espacios.

Según la normativa española se define la climatización como: *“dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad relativa, calidad del aire y, a veces, también de presión, necesarias para el bienestar de las personas y/o la conservación de las cosas. Puede apreciarse que se ha abandonado cualquier referencia al aire acondicionado, por ser una expresión que, aunque correcta, puede prestarse a equívoco, ya que la mayoría de la gente parece entender que se refiere exclusivamente a la refrigeración (climatización de verano), aunque sería más lógico se refiriese al acondicionamiento del aire en todas las épocas, verano e invierno.”*

Por todo esto, podemos decir que en la climatización hay 3 aspectos fundamentales a tener en cuenta, que son: la ventilación, la calefacción en invierno y refrigeración en verano.

Además, la climatización puede realizarse de manera natural o forzada, algo que variará según las necesidades de cada proyecto.

En la actualidad, debido a la necesidad de ahorro energético y a la búsqueda de soluciones más ecológicas, las fuentes de energía naturales que ya se utilizaban desde la prehistoria, el sol, el viento y el agua, se han ido retomando para el uso de los sistemas de climatización y ventilación.

Además de las razones ecológicas, existen las razones económicas, por lo que, en los últimos tiempos se viene buscando disminuir el gasto sin que se vea disminuido el confort o el nivel de vida de las personas.

Por ello, desde el sector de la construcción se buscan soluciones que faciliten la eficiencia energética en edificios y viviendas, procurando a la vez conseguir el menor consumo posible.

Para conseguir dicha mejora de la eficiencia energética hay dos procesos a seguir: por un lado, aprovechar en mayor medida la mínima energía y, por otro lado, conseguir disminuir el consumo de dicha energía modificando la vida de los usuarios.

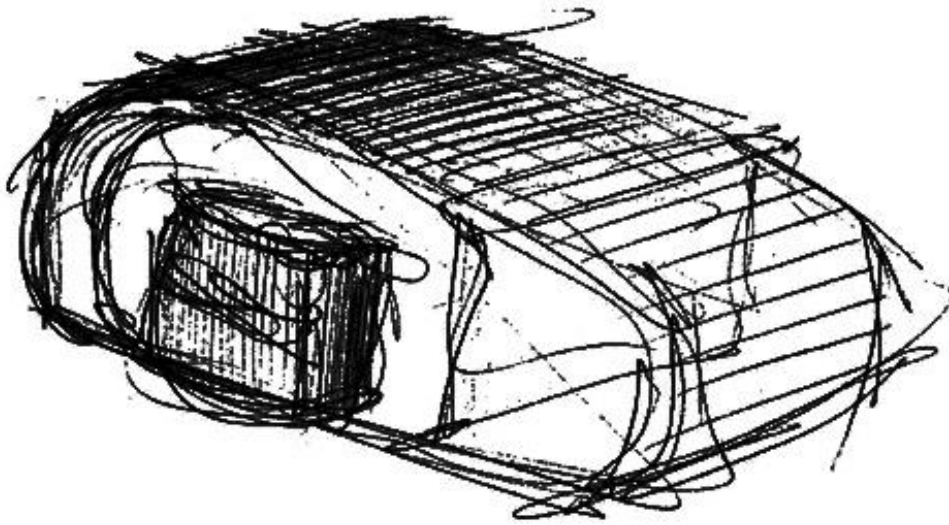
En la búsqueda de esta reducción del consumo y el intento de que la casa sea autosuficiente energéticamente se realizan una serie de elementos innovadores para

el proyecto de la Casa Solar realizado por el equipo Urcomante de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid.

Pensando en la posibilidad de alternativas o mejoras para dicho proyecto se estudiará la instalación actual y se propondrán una serie de mejoras justificando la disminución del consumo del prototipo.

# BLOQUE 1:

## ESTADO ACTUAL





## CONSIDERACIONES GENERALES.

El proyecto de la Casa Solar Urcomante, surge de la participación de un grupo de universitarios de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid en la competición Solar Decathlon.

Solar Decathlon es una competición universitaria internacional, que tiene su origen en la búsqueda de modelos de vivienda destinados al impulso de la investigación en el desarrollo de viviendas eficientes, que puedan ser energéticamente autosuficientes sin perder la estética y funcionalidad buscada siempre en los proyectos arquitectónicos.

Los equipos participantes tienen como objetivo el diseño y la construcción de viviendas que consuman la menor cantidad de recursos naturales, generando a la vez la mínima cantidad posible de residuos durante su ciclo de vida. Se hace especial ahínco en minorizar el consumo de energía y la búsqueda de obtener la mayoría de la necesaria del sol.

La Universidad de Valladolid decide participar en el certamen del año 2010 celebrado en Madrid, para ello, reúne a un grupo de alumnos y profesores procedentes de diferentes escuelas, Arquitectura, Ingeniería Industrial o Telecomunicaciones son algunas de ellas.

La parcela del proyecto propuesto se encontraba ubicada junto al río Manzanares, en el centro de Madrid, por lo que el equipo Urcomante tomará esa ubicación para realizar todos los cálculos referentes a la climatización de la vivienda.

Para cumplir los objetivos exigidos en el concurso se deben tener en cuenta aspectos como la ubicación, la orientación respecto del sol, sabiendo la energía que será capaz de captar y cuál será su consumo.

Por todo ello, se lleva a cabo un exhaustivo estudio del impacto ambiental, teniendo en cuenta también los deshechos que se produzcan durante la construcción.



## CASA SOLAR URCOMANTE ETSAV. EL PROYECTO.

*«Desearía tratar de colocar ante vuestros ojos (...) el verdadero rostro de la arquitectura. Él está diseñado por los valores espirituales provenientes de un especial estado de conciencia, y por factores técnicos que aseguran la materialización de la idea, la resistencia de la obra, su eficacia, su duración. Conciencia = razón de vivir = el hombre. Técnica = contacto del hombre con su ambiente».*

*LE CORBUSIER, Mensaje a los estudiantes de Arquitectura, ed. cit., pág. 27*

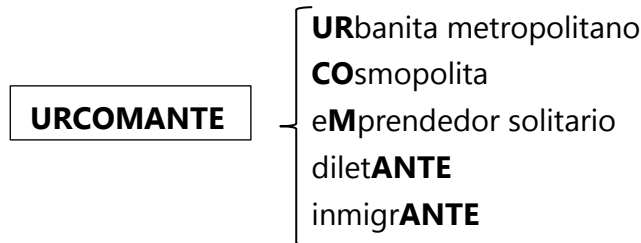
Dadas las directrices del concurso era necesario que el prototipo de vivienda fuera de rápida y fácil construcción, por ello, y ya que la resistencia del terreno lo permitía se opta por una cimentación superficial que forma una especie de emparrillado metálico regulable en altura sobre el que se apoyarán las costillas de la estructura principal.

La Casa Solar Urcomante se basa en cuatro principales aspectos:

- \_Busca ser un proyecto que no tenga un gran impacto en el ecosistema y que se pueda montar y desmontar de manera fácil y sin dejar huella.
- \_Mediante el estudio de los sistemas energéticos se busca favorecer el ahorro y la eficiencia de los mismos.
- \_Además de cuidar el tipo de materiales empleados para la construcción se tendrán en cuenta los métodos de trabajo llevados a cabo para la prefabricación, intentado que el gasto energético sea el menor posible.
- \_También se tiene en cuenta el reciclaje de los materiales pudiendo reutilizarse para la elaboración de otros nuevos.

*"Urcomante: dícese del habitante virtual variante, que aúna o puede aunar las necesidades y singularidades de las siguientes tribus: urbanitas, cosmopolitas, emprendedores solitarios, diletantes e inmigrantes".*

Este individuo que reúne todo en uno, debe ser una persona flexible que necesita de una vivienda también flexible, adaptable a todas esas tribus.



La búsqueda de energías renovables y reciclaje de materiales hace que el equipo del proyecto piense en el ciclo natural de las cosas, lo que los llevará a la idea de la ENVOLVENTE de ese individuo todo en uno, URCOMANTE.

Esta envolvente servirá de protección para el hombre, pero también como ciclo de vida, ya que en ella se fomentarán las bases de las instalaciones de esta vivienda, tan importantes para la eficiencia energética.

Las principales funciones para un buen funcionamiento de la casa y para cubrir todas las necesidades de los habitantes se encontrarán en esta envolvente o piel, que son las siguientes: la respiración, la captación, la circulación y la protección. Se trata de la base ideal para todos los sistemas bioclimáticos y energéticos que se van a llevar a cabo.

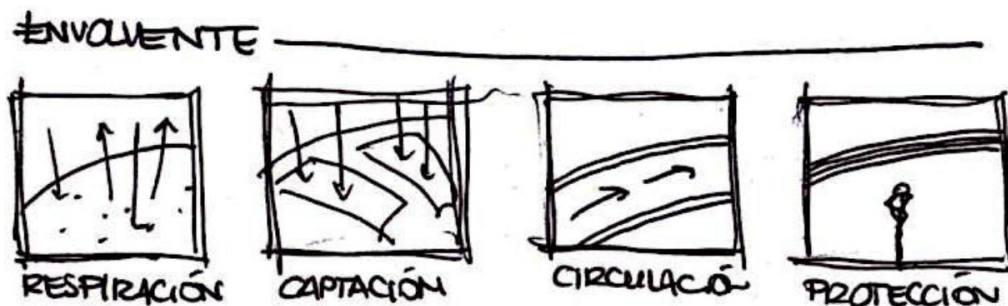


Imagen 1. Esquemas sobre la envolvente realizados por el equipo Urcomante.

Ésta envolvente consta de una doble piel, siendo la parte interior la que da forma a los requerimientos espaciales necesarios para el habitante. Entre esta capa interior y la cubierta se crea un espacio por el que discurrirán todas las instalaciones de



electricidad, abastecimiento de agua, saneamiento, un sistema de recogida y reciclado de aguas pluviales, sistema de ventilación y otros sistemas pasivos.

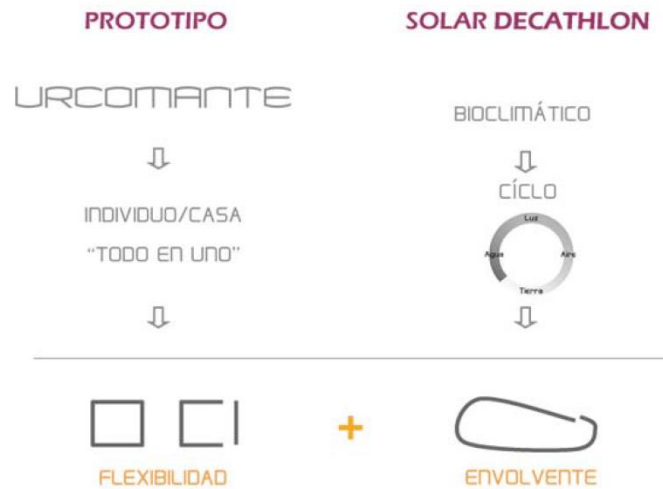


Imagen 2. Esquemas explicativos de la idea del proyecto realizados por el Equipo Urcomante.

La flexibilidad que antes mencionábamos se plasma en el interior de la vivienda en su distribución, proponiéndose un espacio completamente diáfano y transformable como espacio central organizador.

Este espacio central multifuncional es una sala con tabiques móviles que se vuelca a tres módulos, donde se encuentran las funciones privadas de la casa, la de cocina, dormitorio y baño pudiendo la cocina y el dormitorio cerrarse según las necesidades espacio-temporales del individuo, a través de esos tabiques y dejando el espacio central completamente libre.

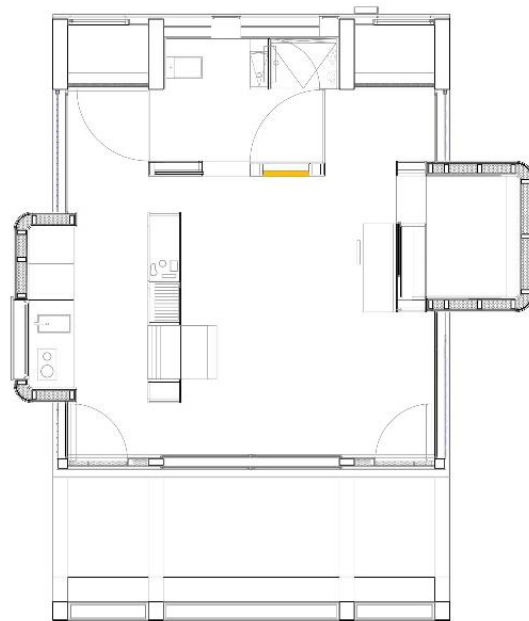


Imagen 3. Planta tipo de la Casa Solar Urcomante.

Toda la fachada exterior y la cubierta serán las encargadas de la captación solar además de servir de protección para el interior de la vivienda.

La fachada funciona como un sistema bioclimático pasivo térmico debido a su espesor. Su forma se debe a la búsqueda de una inclinación para un mayor aprovechamiento solar diurno y descenso de aguas captadas.

A su vez, dicha fachada, cuenta con todo un sistema de lamas que además de servir como protección o la regulación de la entrada de luz sirven para la captación de la energía solar, ya que son como pequeños paneles solares.

La búsqueda de la eficiencia energética mencionada como uno de los principales objetivos del proyecto, se realiza principalmente en tres campos: agua, energía y materiales.

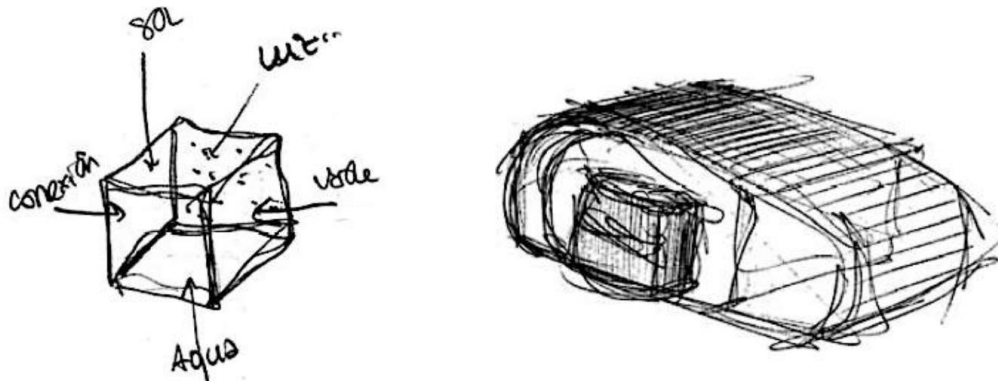


Imagen 4. Bocetos iniciales del proyecto realizados por el equipo Urcomante.

Se busca minimizar el consumo de agua potable en la mayor medida posible y tener un mayor abastecimiento de agua no potable que provendrá de la recogida de aguas en el ámbito que rodea la vivienda, las cuales serán acumuladas y posteriormente tratadas para su uso en equipamientos.

Para maximizar la eficiencia energética se busca el empleo de energías renovables, así como el empleo de equipamiento de bajo consumo energético. También se busca que los materiales empleados sean obtenidos de la manera más ecológica posible y que posteriormente puedan ser reutilizados o reciclados para otras construcciones.

*“Urcomante es el corolario inquieto del ser humano de comienzos del siglo XXI.*

*La envolvente que le procuramos no es sólo un albergue adecuado, sino la respuesta a una forma de vida.*

*Habitante, forma de vida, respuesta y envolvente responden a los mismos estímulos.*

*Buscamos un equilibrio que trasciende a las necesidades espaciales estereotipadas para la vivienda en el movimiento moderno.*

*En la búsqueda, Urcomante nos ha dictado sus pautas.”*

*El equipo Urcomante*

## INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN.

Climatizar se hace con el fin de llegar a unas condiciones de confort mediante el control de los siguientes parámetros: la temperatura, ya sea para calefaccionar o refrigerar, el control de la humedad relativa, para humidificar o deshumidificar, el control del movimiento y velocidad del aire al filtrar para repartirlo de la manera más uniforme posible por el espacio a climatizar, el control de la calidad del aire para ventilar y filtrar y el ruido producido por los propios equipos de climatización.

### BREVE HISTORIA DE LA EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACION.

En lo referente a la historia de la climatización la evolución ha sido diferente para el sistema de calefacción que para el de refrigeración, ya que el primer método de calefacción empleado fue hace 790.000 años con el descubriendo del fuego, el cual aportaba el calor necesario para vivir en lugares fríos.

Más tarde, aparece el hipocausto, éste es un sistema de calefacción de suelo y fue ideado por un romano llamado Cayo Sergio Orata. Para el funcionamiento de este sistema se construida un horno en el exterior de la vivienda y se conducía al interior por unas canalizaciones bajo el pavimento.

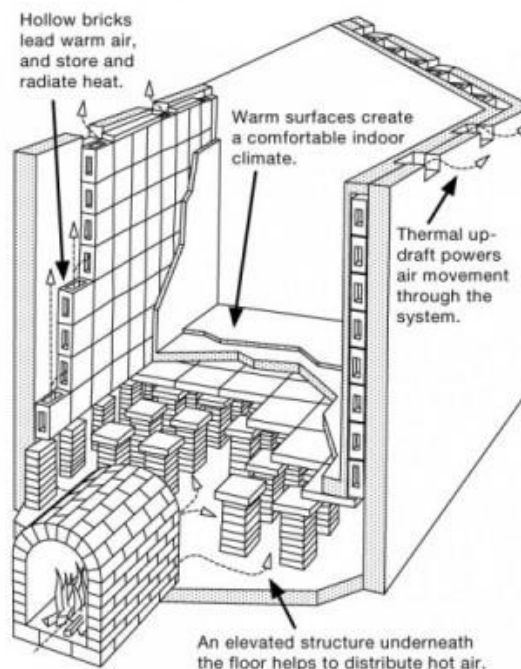


Imagen 5. Esquema de un hipocausto tipo obtenido de la web: <http://nergiza.com/hipocausto-el-suelo-radiante-con-mas-de-2000-anos/>

Otro sistema es el Ondol empleado hace más de 2500 años, se fundamenta en el hipocausto, pero a diferencia de este que calienta el aire del interior de la vivienda, el ondol, calienta el suelo, es decir, éste calienta la casa por convección.

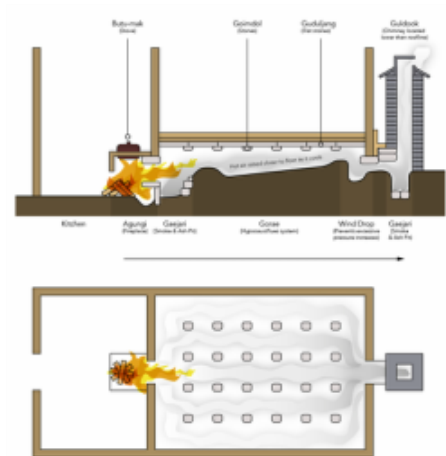
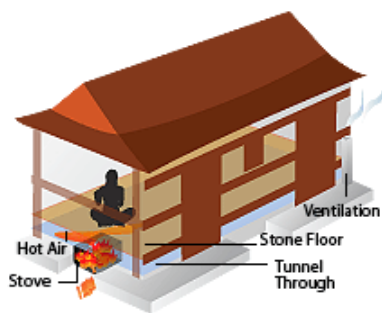


Imagen 6. Esquema de funcionamiento de un ondol tipo obtenido de la web:

<http://iamsocurious.weebly.com/arquitectura.html>

Posteriormente, en la Edad Media aparece la gloria en la región de Castilla, este sistema también consiste en un horno u hogar que se encuentra ubicado cerca de la entrada de la gloria y que hace que el calor conseguido mediante la combustión de la paja en el hogar circule por un doble suelo con canalizaciones que llegan hasta el extremo opuesto de la entrada de la gloria donde hay un hueco o húmoro que funciona de chimenea.

Otro de los sistemas de calefacción es la estufa o cocina de leña, en el cual se hace un fuego en el interior y se controlada la entrada de aire para mantener el fuego, el calor se consigue por el humo que pasa a través de un tubo extractor.

Es más tarde, cuando con la llegada de la Revolución Industrial en la segunda mitad del siglo XVIII empiezan a cambiar los hábitos los hábitos de la vida cotidiana. Gracias a la aparición de la máquina de vapor inventada por James Watt aparecen las calderas, las cuales calentaban el agua hasta evaporarla, discurriendo este vapor por una serie de tuberías repartidas por toda la vivienda llevando así el calor a todas las estancias.

Más adelante, el vapor fue sustituido por el agua que es la que utilizamos en la actualidad.

Por otro lado, se encuentra el sistema de refrigeración. Los pioneros en este sistema fueron los egipcios, estos utilizaban el agua para refrigerar los edificios, colgaban alfombras humedecidas en los accesos a los recintos de manera que al incidir el sol

sobre ellas el agua se evaporaba haciendo que el ambiente tuviera un mayor grado de humedad y disminuyendo a su vez la temperatura.

Después de que los egipcios utilizaran este sistema de refrigeración, los romanos diseñaron un nuevo sistema, que sirviéndose de la red de acueductos conducían el agua también por las casas consiguiendo así reducir la temperatura de las grandes y calurosas villas.

Más tarde, los persas idearon un sistema de ventilación natural para ayudarse del viento como método de refrigeración. Los edificios más importantes tenían columnas muy altas para crear torres de viento, detectando y difundiendo las brisas predominantes.



Imagen 7. <https://www.youtube.com/watch?v=J7d7Q89COa8>

Hasta mucho tiempo después no se comenzaron a asentar las bases de los sistemas de aire acondicionado moderno. Empiezan a experimentar con las propiedades refrigerantes de varios líquidos y no sólo el agua como se había hecho hasta entonces. A raíz de esos experimentos otros científicos posteriores estudian las propiedades refrigerantes de algunos gases.

Más tarde, se descubre que la fiebre amarilla se agrava cuando las temperaturas son más altas por lo que crean una máquina que hace hielo y así se consigue más frío en las habitaciones donde se encontraban los enfermos.

A pesar de todos estos avances hasta 1902 no aparece lo que ahora conocemos como aire acondicionado, es en ese año cuando un joven ingeniero norteamericano

llamado Willis Carrier, inventa un sistema que puede controlar la temperatura y la humedad de un espacio cerrado.

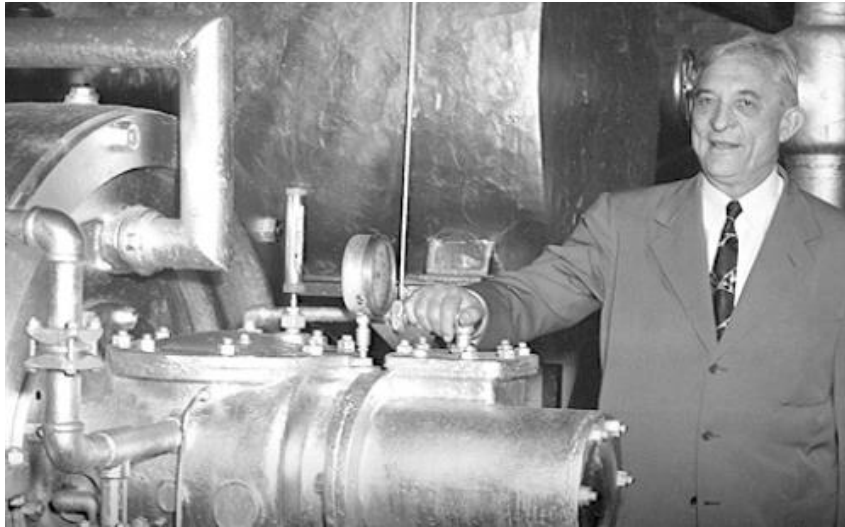


Imagen 8. Willis Carrier junto a la primera máquina de hielo. Obtenida de la web:  
[http://www.wired.com/2009/07/dayintech\\_0717/](http://www.wired.com/2009/07/dayintech_0717/)

Carrier sigue desarrollando su sistema, que en un principio se diseña para uso en entornos laborales, pero después, comienzan por instalarse en las casas de la población de clase alta.

Pocos años después, empiezan a aparecer las primeras compañías de climatización, aunque no es hasta a partir de los años 50 cuando se generaliza el uso de los equipos de aire acondicionado en Estados Unidos y posteriormente el mundo entero.

## LA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN DE LA CASA SOLAR URCOMANTE.

Todo el sistema de climatización se encuentra altamente ligado al de ventilación, ya que con ella también se acondiciona. Por ello, estudiaremos en parte este sistema también y la tendremos en cuenta a la hora del cálculo de la demanda energética.

En este proyecto el cálculo se realiza según las condiciones climatológicas de la ubicación dada para el concurso, es decir, Madrid.

La nueva ubicación de la casa solar se encuentra en Valladolid, ciudad en la cual, el clima también es mediterráneo continental como el de Madrid. Este tipo de clima se caracteriza por ser seco y soleado. Se encuentra a 704 metros de altitud y a una gran distancia del mar por lo que las variaciones de temperatura son amplias, siendo muy diferentes las de verano a las de invierno. En verano las temperaturas se encuentran en torno a los 35°C durante el día y 18°C durante la noche, mientras que en invierno durante el día se rondan temperaturas de 5°C y durante la noche suelen ser temperaturas bajo cero.



Imagen 9. Nueva ubicación de la casa Urcomante junto a la Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

Para el cálculo de la climatización no tendremos en cuenta el máximo o mínimo producido, sino la variación que se produce prácticamente a diario entre ellos, la cual es en torno a 20°C.

En esta Casa Solar se busca alcanzar las condiciones de confort, bienestar y calidad del aire utilizando energías renovables, es decir, aprovecharemos la energía solar captada a lo largo de toda la envolvente.

Antes de comenzar a describir el sistema concreto de la Casa Solar estudiaremos las partes básicas que tiene un sistema genérico de climatización, de esta manera podremos entender mejor las novedades incluidas en este proyecto.

Un sistema completo de climatización consta de diversas partes:

- \_ Punto de generación de energía térmica tanto para frío como para calor.
- \_ Transferencia de esa energía térmica al punto de emisión. Esta transferencia se hará normalmente a través de agua, por lo que debemos tener en cuenta también la instalación de agua de la casa solar.
- \_ Uso de la energía generada, que puede realizarse con o sin climatizador:
  - \_ Un climatizador: también conocido como Unidad de Tratamiento del Aire (UTA) el cual se encarga de aportar los caudales correctos de ventilación, del filtrado del aire, el calentamiento o enfriamiento adecuado y la humectación o deshumectación del local según las condiciones de la época del año en la que estemos.

El climatizador por sí mismo no produce ni calor ni frío, si no que necesita de otras redes para su buen funcionamiento.

- \_ Sin climatizador (UTA): esto sería para los locales o espacios que no cuentan con sistema de ventilación, en los cuales la refrigeración se realiza por medio de fan-coils y la calefacción por superficies radiantes.

También cabe la posibilidad de que haya las dos cosas a la vez, climatizadores y aparatos terminales.

## PARTES DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DE LA CASA SOLAR.

Como ya se ha explicado anteriormente el sistema de climatización se encuentra ligado de manera muy directa con el de ventilación y a su vez, estos dos se encuentran ligados con el de fontanería, ya que necesitan de la instalación de agua para su funcionamiento, por ello, empezaremos por una breve descripción de la instalación de fontanería y posteriormente del sistema de ventilación y climatización de la casa solar:



## INSTALACIÓN DE FONTANERÍA.

La instalación de fontanería forma un conjunto interrelacionado que se expone y explica a continuación:

La instalación de fontanería se encuentra dividida en tres: la instalación de agua fría, la de agua caliente y la de aguas grises.

La instalación de AFS (agua fría sanitaria) consta de: un depósito de agua, un grupo de presión y la red de distribución de tuberías que conectan el grupo de presión con dos acumuladores para la instalación de ACS, con todas las tuberías con los puntos de consumo, la alimentación del depósito del circuito primario solar y por último con el dispositivo enfriador evaporativo.

La instalación de ACS (Agua Caliente Sanitaria) cuenta con: el circuito destinado a la captación de energía solar térmica, la de acumulación con dos depósitos y la conexión entre ambos. Además, cuenta con una instalación de apoyo en la que hay una bomba de calor geotérmica y dos depósitos de agua con varios geles, esta parte de la instalación intenta hacer que se mantenga una temperatura parecida a la de la tierra.

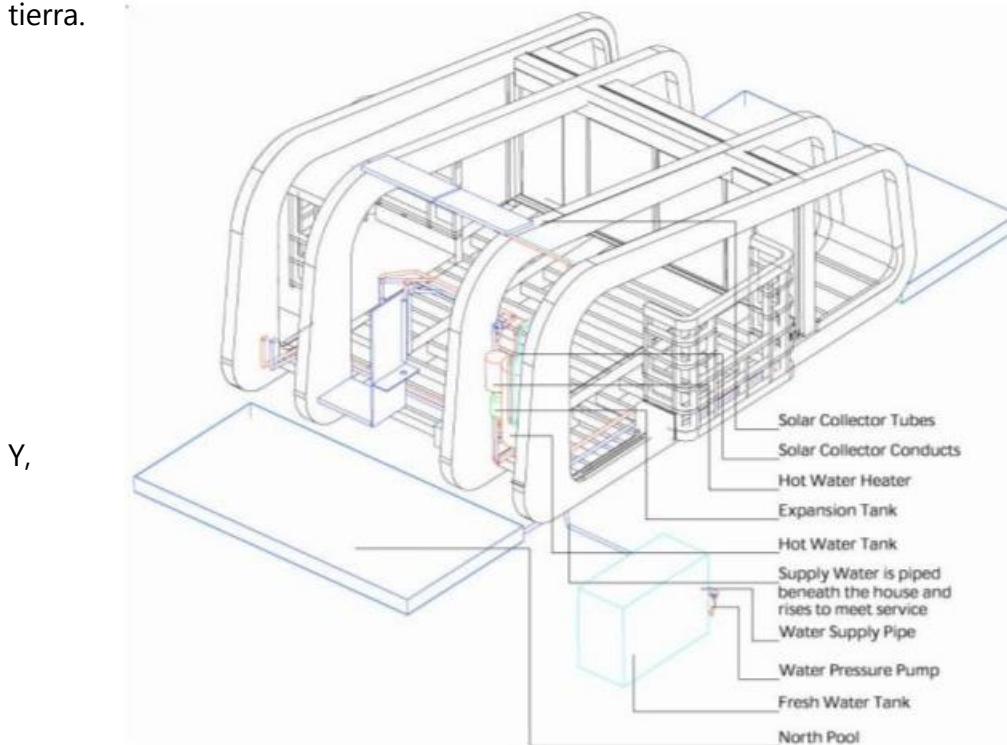


Imagen 10. Esquema axonométrico de la instalación de ACS de la Casa Solar realizado por el equipo Urcomante.

Finalmente, la red de aguas grises, la cual consta de un acumulador de aguas y un intercambiador de calor.

## BOMBA DE CALOR

La bomba de calor es una máquina que se utiliza tanto para calentar como para enfriar. Éstas son máquinas muy eficientes energéticamente. Hay dos tipos de bombas según de cual sea la fuente de calor: bombas de calor de aire o bombas de calor geotérmicas.

En el caso de la Casa Solar Urcomante, la bomba instalada es una bomba de alta eficiencia energética agua-agua de tipo geotérmico reversible y que además cuenta con tecnología inverter. Este tipo de bombas, captan la energía del suelo y la transmiten al interior de la vivienda, en este caso captan la energía de dos estanques diseñados por el equipo Urcomante, uno de ellos ubicado al Norte y otro al Sur, así en verano tomará la energía del ubicado al Norte y en invierno del ubicado al Sur.

Dado que la casa tenía que ser de rápido y fácil montaje se opta por esta solución para no tener que perforar el terreno con sondas verticales, posteriormente se conduce al interior de la casa la energía (frío o calor) mediante agua con un gel llamado glicol para después ser difundido por el sistema de climatización.

El funcionamiento de esta bomba se controla a través de la centralita la cual hay que el bloque geotérmico funcione de una u otra manera según el balance energético de entradas y salidas en los dos estanques.

El agua del circuito secundario se sumerge en el estanque que estará a unos 20-21°C para facilitar el posterior calentamiento que llegará a alcanzar aproximadamente unos 50°C, mejorando así el rendimiento de la bomba de calor agua-agua. La radiación solar calentará poco al estar el estanque casi en toda su totalidad en sombra por la orientación.

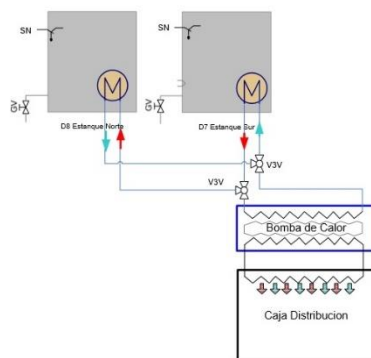


Imagen 11. Esquema de funcionamiento de la bomba de calor.



Imagen12. Ubicación de la bomba de calor en la Casa Solar.

## INTERCAMBIADOR DE CALOR SENSIBLE

En las zonas Norte y Sur cercanas a las rampas de acceso se encuentran ubicados los estanques que sirven de fuente de energía para la bomba de calor, estos estanques son de 6x3 metros y en su interior albergan el intercambiador de calor.

El intercambiador de calor es de cobre y su función es hacer que la temperatura del aire de ventilación y la del aire que es evacuado al exterior sean los más cercanas posibles ayudando a reducir el consumo energético.

El ventilador coge el aire de la parte inferior de la casa y antes de proceder a su expulsión cede parte del calor al flujo de entrada. Este aire que entra es succionado por el ventilador y después este lo hace llegar hasta la caja de distribución.

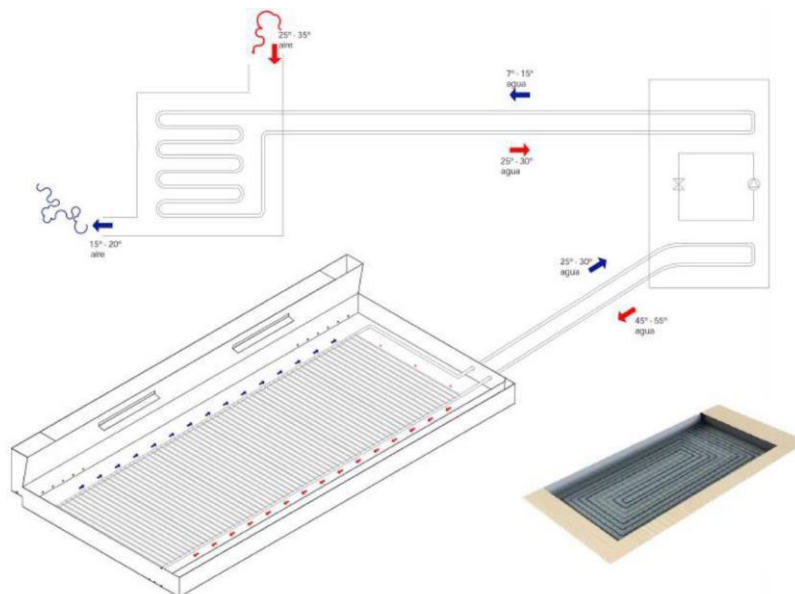


Imagen 13. Esquema del intercambiador de calor en un estanque, realizado por el equipo Urcomante.

## PANEL SOLAR TÉRMICO DE AIRE.

Estos paneles son una de las grandes novedades que se incluyen en la Casa Solar, se ubican en la cubierta, en la zona más alta, para una mejor captación de la energía solar.

El funcionamiento de estos paneles térmicos de aire consiste en tomar la energía del sol a partir de las placas fotovoltaicas y haciendo al mismo tiempo que se reduzca la humedad del aire.

El aire es absorbido por un ventilador hacia el interior del panel reduciendo la temperatura de los paneles fotovoltaicos y haciendo que se caliente dicho aire, es entonces cuando se produce el intercambio de humedad y temperatura. Posteriormente el aire se impulsa al interior de la vivienda mediante un ventilador consiguiendo en el interior unas condiciones de mayor o menor humedad relativa y mayor o menor temperatura.

Con estos paneles conseguimos por un lado mejorar el rendimiento de los paneles solares, ya que el aire caliente asciende hacia la zona superior de la casa, hacia la parte intermedia de la doble piel y, al pasar el aire a una temperatura menor se refrigeran consiguiendo así ese aumento del rendimiento y a su vez calentar el aire que entra en la vivienda. El caudal de entrada se controlará según los sensores ubicados en el interior de la casa. Por la noche el ventilador se apagará.

En el interior de la vivienda se mide la temperatura mediante termostatos y según las condiciones que busquemos podemos configurar el panel de una manera u otra:

\_Si queremos reducir la humedad y con ella la sensación de calor: el panel coge aire del exterior y lo impulsa hacia el interior consiguiendo una reducción de la humedad y aumento de la temperatura.

\_Si por el contrario queremos aumentar la humedad: el panel coge aire del interior y lo conducen hasta el exterior para que se caliente y volver a impulsarlo a mayor temperatura al interior.

Uno de los principales problemas que se da constantemente en el interior de las viviendas es una excesiva humedad, que con estos paneles se solucionaría reduciendo las condensaciones. Además, son muy útiles para viviendas de uso temporal, ya que se puede conseguir que la temperatura sea la adecuada para cuando los propietarios vuelvan a esa casa.

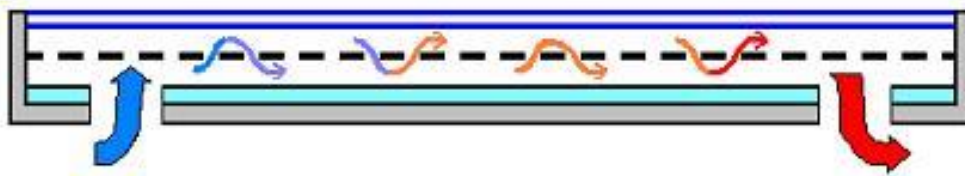


Imagen 14. Esquema de movimiento el aire por el interior del panel solar térmico de aire. Realizado por el equipo Urcomante

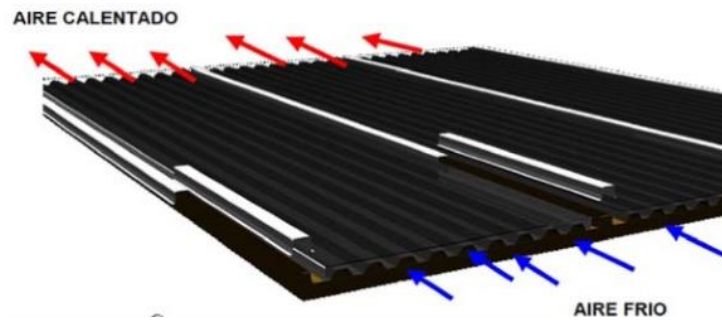


Imagen 15. Panel solar térmico de aire en el interior de la Casa Solar.

La superficie de la que disponen las placas para captar la energía solar es de más o menos de unos  $40\text{m}^2$ , cuando más radiación captan, en torno a los  $1000\text{W}/\text{m}^2$ , los paneles pueden llegar a rondar los  $50\text{-}60^\circ\text{C}$  de temperatura

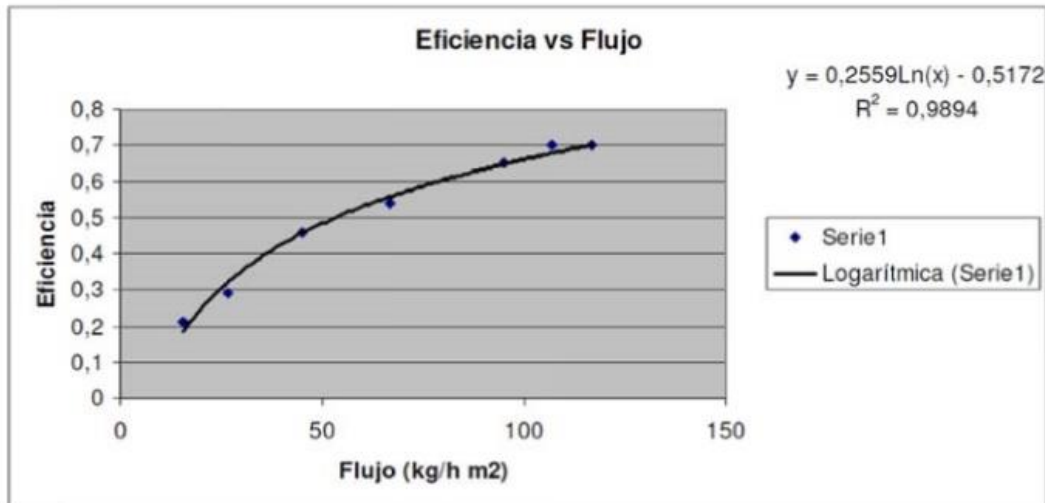
El espacio de paso del aire en los paneles se calcula teniendo en cuenta la normativa, la velocidad del aire no puede ser superior a los  $2\text{ m/s}$  por problemas de ruido por lo que, teniendo esto en cuenta, realizamos el cálculo de la sección. Según esto el radio de la sección sería de  $140\text{ mm}$ , siendo así la velocidad máxima de  $1,6\text{ m/s}$ .

Se eligen este tipo de paneles de aire por las ventajas frente a los sistemas de agua, éstas son: son sistemas que se controlan de manera más fácil, son más baratos, combinan climatización y ventilación del edificio, eliminan los problemas que pueda haber en las tuberías en verano y en invierno, con este sistema no hay problemas de fugas en la instalación, funcionan, aunque la radiación solar sea baja y no necesitan de un grado alto de mantenimiento.

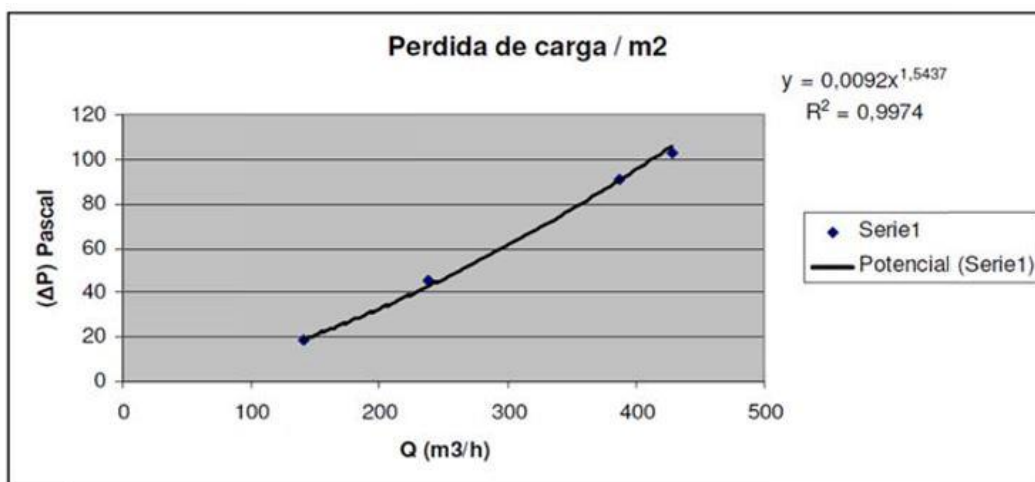
En términos constructivos el panel se encuentra conformado como un panel sándwich con chapas de acero que en condiciones normales tendría aislamiento de lana de roca en su interior, pero para la construcción de la casa solar no se ha tenido en cuenta puesto que ya contamos con el aislamiento de lana de oveja. Entre las chapas de acero se encuentra otra chapa de aluminio con forma de trapecio y pintada de negro lo que sirve como absorbente de la energía y a la vez es por donde pasa el aire.

La conexión entre los paneles se realiza teniendo muy en cuenta que el agua de lluvia no pueda pasar entre ellos, cubriendo de manera impenetrable la cubierta.

A continuación, analizaremos el rendimiento de los paneles según los parámetros característicos. El caudal de aire que entra en los paneles está relacionado con la eficiencia de los mismos como podemos ver en el siguiente gráfico, la relación entre ambos es logarítmica, a mayor flujo mayor eficiencia:



Cuando el aire pasa a través del panel se producirá una pérdida de carga, además de una variación de la temperatura que variará de manera potencial dependiendo del caudal, como ya hemos explicado anteriormente. Todo esto provoca que el ventilador necesite una mayor potencia para impulsar o expulsar el aire del interior de la vivienda.



Además, la pérdida de carga se encuentra también en relación con la cantidad de aire que pasa por el panel, esto último se refleja en el gráfico expuesto anteriormente.

De estos gráficos podemos concluir que a mayor flujo de aire mayor eficiencia conseguimos en los paneles. A su vez, la variación de temperatura por unidad de distancia desciende, a la vez que la potencia del ventilador debe de ser mayor para ayudar a la impulsión o expulsión del aire.

Teniendo en cuenta todo esto, se realizará un cálculo del caudal aconsejable, que irá cambiando a lo largo del día para conseguir unas mejores temperaturas. Conocida la menor incidencia del sol por las mañanas sobre los paneles podremos hacer que el caudal que pase sea menor, mientras que por las tardes que el panel estará más caliente por la incidencia del sol podemos aumentar el caudal de paso para así conseguir reducir la temperatura de los paneles y conseguir una mayor eficiencia de los mismos.

El caudal recomendado se encuentra entre los 50 y los 100 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>.

### ENFRIAMIENTO CON PROTOTIPO DE FRÍO EVAPORATIVO.

Este nuevo elemento de la instalación de climatización es otro de los componentes de gran innovación que el equipo Urcomante decide incluir en el prototipo de la vivienda, comúnmente lo denominarán "botijo".

Lo que se busca es construir un dispositivo de climatización natural ayudándose de la porosidad propia de los materiales cerámicos y siguiendo los fundamentos del botijo y los conocimientos sobre el enfriamiento mediante la evaporación de agua.

Para comprender el funcionamiento de este dispositivo deberíamos comenzar por entender el funcionamiento del tradicional botijo:

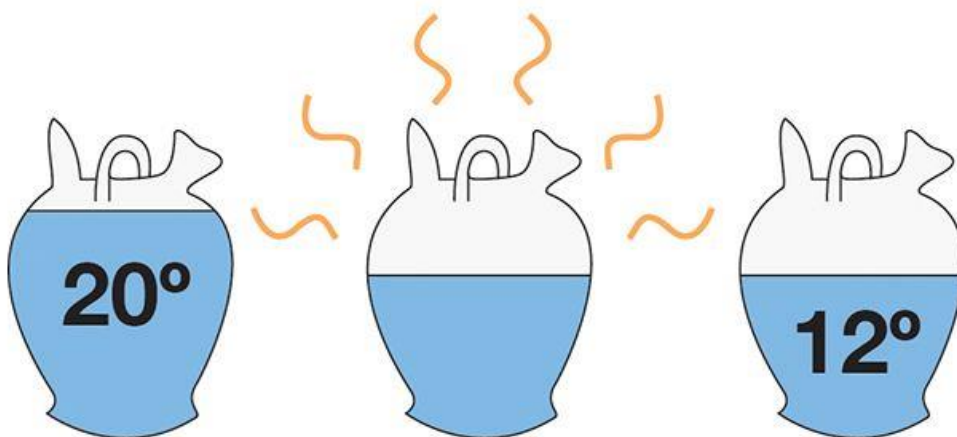


Imagen 16. Dibujos explicativos del funcionamiento de un botijo tradicional.

El botijo se realiza con arcilla debido a la gran porosidad de este material. Su funcionamiento consiste en que cuando introducimos agua caliente en el recipiente comienza un proceso de evaporación, el agua que se evapora poco a poco va saliendo hacia el exterior gracias a esa porosidad, consiguiendo así que el líquido del interior se vaya enfriando gradualmente.

El prototipo que se realiza consiste en un conjunto de cerámicas que se oponen al flujo de aire, para controlar el caudal del interior se coloca un precámara con una serie de orificios, y todo esto se une al sistema de abastecimiento de agua de la casa solar.

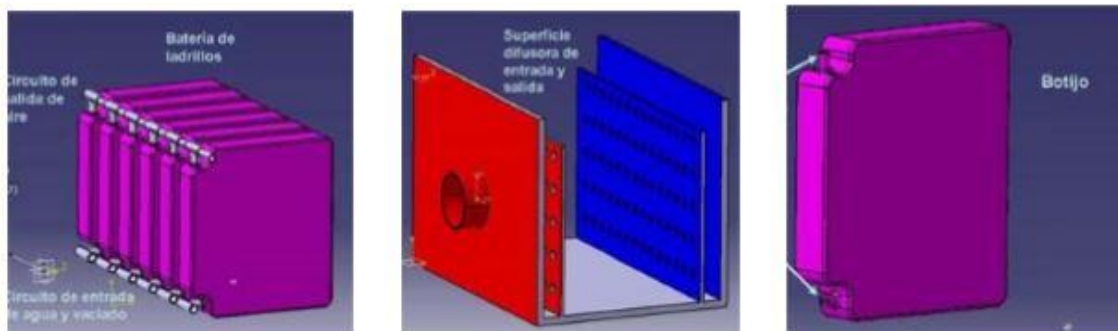


Imagen 17. Dibujos en 3D del botijo diseñado para la Casa Solar por el equipo Urcomante con el Dr. Eloy Velasco y el ceramista Alfonso Montiel.

Para la elaboración de los orificios que controlarán el flujo del aire interior se hace a través del número áureo, haciendo que los tamaños de los mismos vayan de menor a mayor hacia los bordes para controlar el aire que sale del botijo.

El prototipo se realiza exclusivamente para la casa solar y para ello el equipo cuenta con la colaboración del Dr. Eloy Velasco y el ceramista Alfonso Montiel con quienes se construye un primer prototipo que consiste en una serie de ladrillos que se colocan conectados entre sí, como si de un radiador se tratara, y que toman el agua de un tanque utilizando una bomba de Todo o Nada para la recirculación del agua.

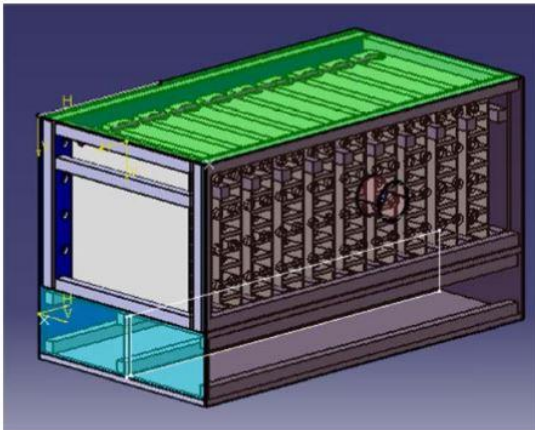


Imagen 18. Pruebas en laboratorio del funcionamiento del botijo.



El funcionamiento de esta bomba se controla a través de los datos de los sensores de la vivienda y desde la centralita domótica.

Después de realizar ese primer prototipo se buscan mejoras del mismo y se decide añadir unas conexiones en T en las zonas superior e inferior, para conseguir darle más rigidez y, además, se añade un nuevo tanque con una válvula para su llenado por gravedad.



Con los sistemas de climatización siempre es preocupante el problema de la legionella, pero en este caso, debido a que no se produce contacto entre el agua del interior y del exterior no hay peligro.

Imagen 19. Dibujo realizado por el equipo Urcomante del botijo.

Este botijo se encuentra ubicado en la zona de la mochila técnica y se conecta con el interior de la Casa Solar mediante la instalación de ventilación. Por la parte exterior tiene una toma con un filtro para coger el aire que posteriormente se enfriará.

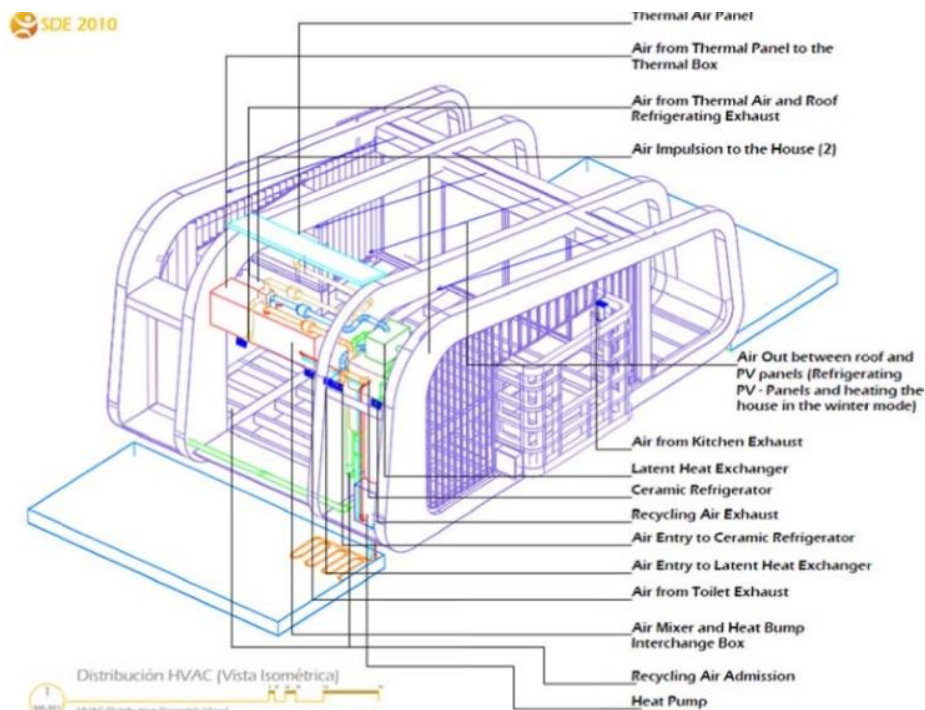


Imagen 20. Axonometría de la Casa Solar en la que podemos observar donde se encuentra cada uno de los elementos de la instalación de climatización.

## RECUPERADOR DE CALOR.

Los recuperadores de calor, son equipos cuyo objetivo es aprovechar las propiedades psicométricas (temperatura y humedad) del aire que extraemos de un espacio, e intercambiarlas con el aire de ventilación que impulsamos del exterior, pero en este proceso de intercambio, no se mezclan el aire del exterior y el aire del interior.

Con este intercambio conseguimos precalentar o preenfriar el aire exterior, reduciendo de esta manera el consumo energético de la instalación de climatización, ya que la demanda a cubrir será mucho menor.

Para el proyecto de la casa solar, se realiza un prototipo de recuperador de calor con cartón, de manera que las celdas del cartón se disponen cruzadas en dos direcciones produciéndose en este cruce el intercambio de calor con el aire exterior.



Imagen 21. Planchas de cartón como las empleadas para la construcción del recuperador de calor.

## ESTRATEGIAS DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN.

Como ya se ha mencionado anteriormente la instalación de climatización de la Casa Solar se encuentra altamente ligada a la instalación de ventilación, por lo que a continuación explicamos cómo es el funcionamiento de la instalación en su conjunto, describiendo el funcionamiento de los elementos de la instalación según la época del año, así como la circulación del aire.

La circulación del aire está pensada para un movimiento circular, el cual sigue la forma de la envolvente y se genera de manera natural por las condiciones de densidad, temperatura y presión por lo que es importante también en este aspecto la orientación de la Casa Solar.

Al Norte se ubica la mochila técnica de manera ya que esta fachada es la más fría y así protegemos el espacio interior multifuncional. Por el contrario, al Sur se persigue el mayor aprovechamiento solar por ello se ubica un gran ventanal.

En las fachadas Este y Oeste se controla la incidencia del sol mediante lamas regulables.

### MODO INVIERNO.

En esta época del año las temperaturas predominantes son bajas, siendo en Valladolid en muchas ocasiones inferiores a 0°C, por eso durante los meses de invierno se procederá al calentamiento del aire interior de la vivienda.

### REFRIGERADOR EVAPORATIVO. BOTIJO.

Durante el invierno es muy poco probable que el refrigerador evaporativo funcione, a no ser que se dé el caso de que la humedad del interior sea baja y entonces, este trabajará para aumentar dicha humedad hasta adecuarla a los umbrales de confort. En este caso, realmente el refrigerador funcionaría como un humidificador.

Este funcionamiento como humidificador fue ensayado llegando finalmente a la conclusión de que en realidad no será necesario su uso durante el invierno.

### INTERCAMBIADOR DE CALOR.

Mediante el intercambiador conseguimos reducir el trabajo de la bomba de calor, ya que, cuando el aire caliente entra en el interior de la vivienda, el aire que se expulsa ya está precalentado, por lo que cuando se mezcla con el aire frío que entra, se produce un intercambio de calor devolviendo al interior el aire más caliente.

### BOMBA DE CALOR.

En este periodo la bomba utilizará como foco principal el estanque Sur, puesto que debido a su orientación es el que más radiación solar tiene durante el invierno, de manera que, el circuito secundario de la bomba tomará el calor del agua para bombearlo a la caja de distribución desde la que entrará para ayudar al funcionamiento del sistema de calefacción, haciendo a su vez, que el agua del estanque se enfríe.

En este caso la bomba de calor funciona como un absorbedor pero solo entrará en funcionamiento cuando sea necesario para la disminución del gasto energético.

### PANELES TÉRMICOS DE AIRE.

Para la estrategia de invierno aprovechamos el calor procedente de los paneles fotovoltaicos, de manera que un ventilador succiona el aire frío a través de la doble

piel, haciendo que éste aire pase por el panel tomando el calor de la superficie fotovoltaica y ayudando a su vez a mejorar la eficiencia del mismo.

Por otro lado, como el aire caliente debido a su densidad y la convección natural siempre asciende llegará al panel ya precalentado y terminará de calentarse en él, para posteriormente ser impulsado al interior de la vivienda.

Este aire una vez tratado se impulsa al interior de la zona superior de la mochila y es expulsado por la parte inferior.

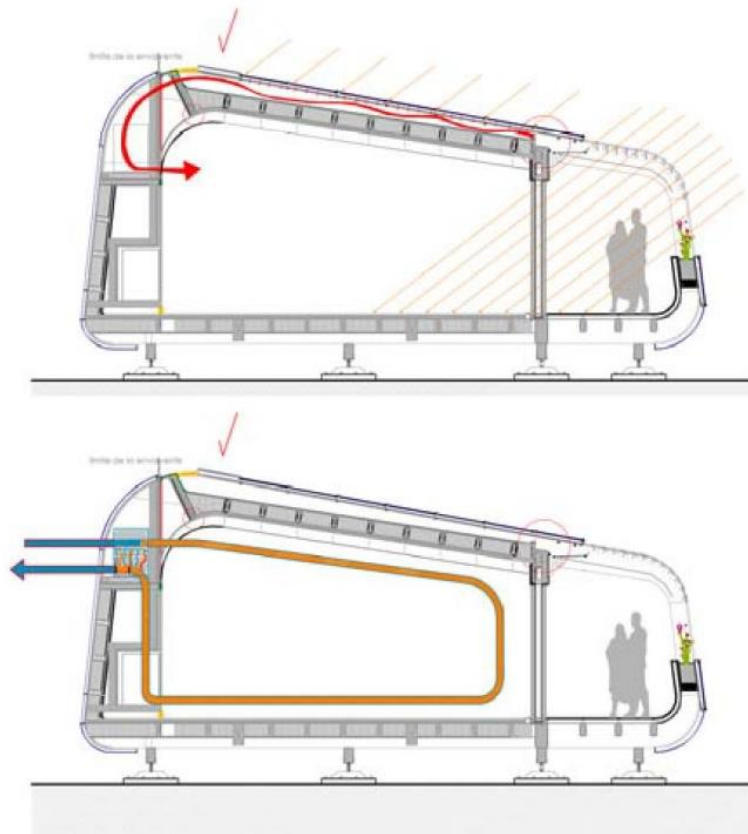


Imagen 22. Esquemas explicativos del movimiento del aire en invierno a través del panel solar térmico de aire y en el interior de la Casa Solar realizados por el equipo Urcomante.

En estos esquemas podemos ver con claridad el movimiento del aire para el periodo de invierno, realizándose dicho movimiento en anillo siguiendo la envolvente.

A continuación, vemos el esquema de la instalación en su funcionamiento en modo calefacción pudiendo seguir el trayecto del aire desde su entrada hasta su salida.

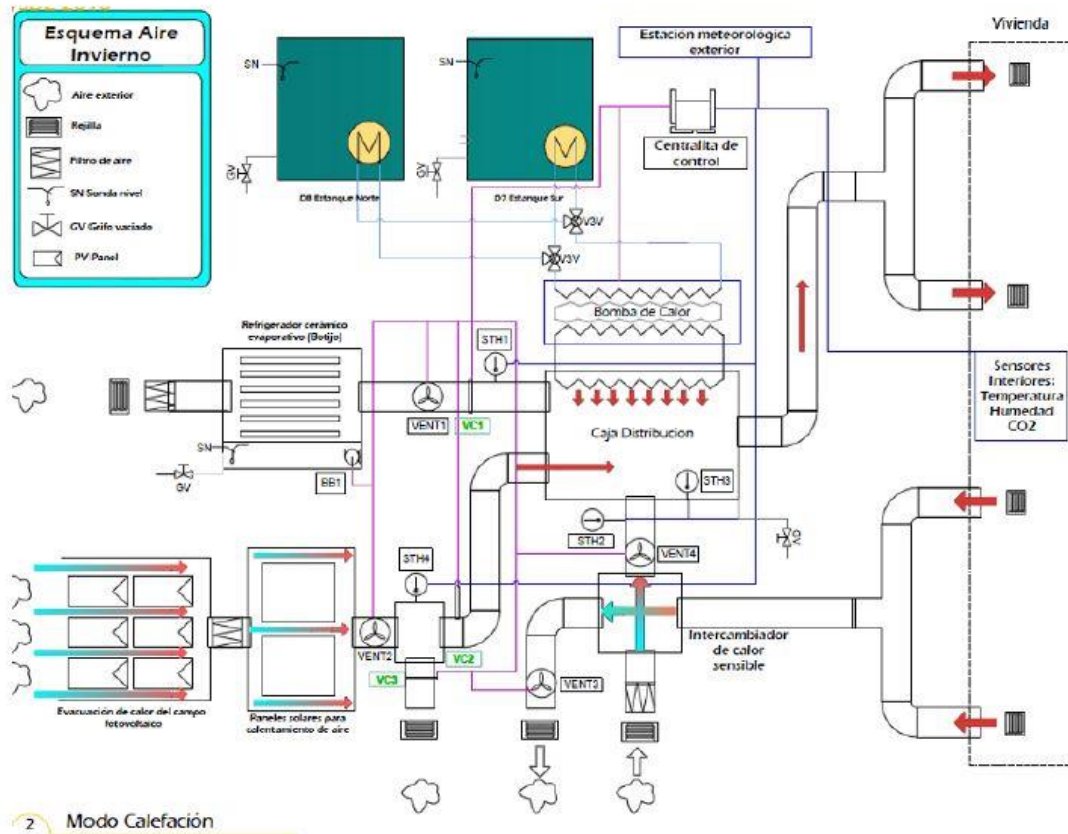


Imagen 23. Esquema de funcionamiento de la instalación de climatización en modo calefacción realizados por el equipo Urcomante.

## MODO VERANO.

Durante esta época del año, dado que predominan las temperaturas altas en Valladolid, así como una humedad baja, lo que se buscará para el interior de la casa será disminuir esas temperaturas y aumentar la humedad relativa, por lo que se procederá a la refrigeración del interior a través de los diferentes sistemas de la instalación de climatización.

## REFRIGERADOR EVAPORATIVO. BOTIJO.

Cuando el sensor interior detecta temperaturas elevadas y humedad baja se toma aire desde el exterior a través de la mochila técnica en la parte trasera de la casa. Este aire pasa a través del refrigerador (botijo) con alta temperatura y baja humedad y, dentro del mismo, se produce un proceso evaporativo. Los tubos cerámicos ceden la humedad al aire reduciendo así la temperatura del aire interior. Posteriormente se filtra y se impulsa hacia el interior de la vivienda pasando por la caja de distribución.

Este sistema funciona en consonancia con el intercambiador de calor y la bomba de calor.

## INTERCAMBIADOR DE CALOR.

Durante este periodo la bomba trabajará de manera inversa a la descrita para el periodo de invierno.

Una vez que este aire refrigerado entra en el interior de la vivienda el aire caliente que estaba dentro es expulsado pasando por el intercambiador de calor.

Éste último, toma por un lado el aire exterior caliente y por otro el aire que está saliendo del interior, el cual tiene menos temperatura, y hace que se produzca un intercambio de temperatura entre ambos, devolviendo al interior el aire enfriado.

## BOMBA DE CALOR.

Al igual que el intercambiador de calor, durante esta época la bomba trabajará de manera inversa a el periodo de invierno.

La bomba de calor sirve de apoyo al refrigerador cerámico, siendo el foco geotérmico el estanque norte. El circuito secundario de la bomba de calor dirige hacia el estanque el aire caliente que sale de la caja de distribución haciendo que el agua del estanque se caliente.

## PANELES TÉRMICOS DE AIRE.

Los paneles pueden usarse para el enfriamiento de la vivienda durante las noches de verano, toman el aire del interior de la vivienda que pasando por debajo de la superficie negra del absorbedor, que ha perdido calor por radiación, se enfría y entra de nuevo a la vivienda a menor temperatura.

A continuación, se muestran los esquemas de movimiento del aire donde vemos que la trayectoria del aire es igual que en invierno, pero intercambiando el aire frío y caliente.

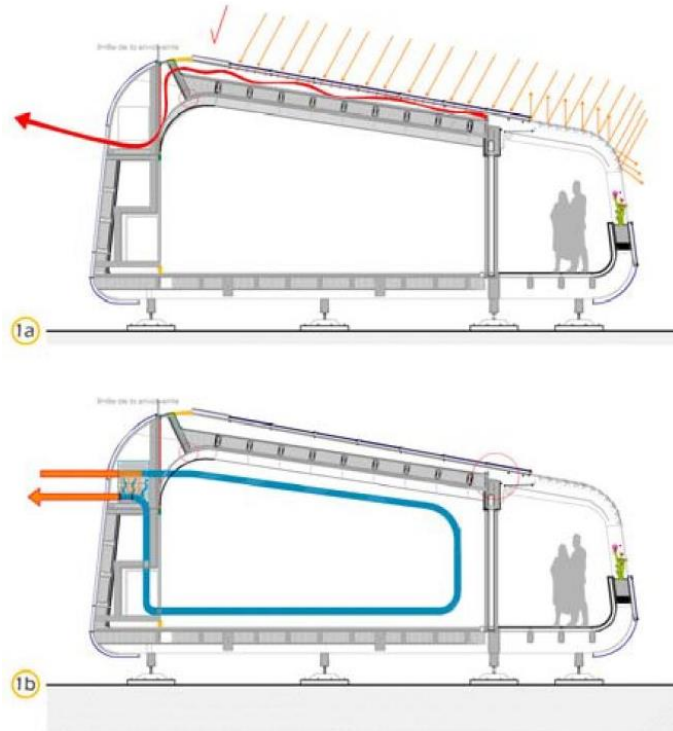


Imagen 24. Esquemas explicativos del movimiento del aire en verano a través del panel solar térmico de aire y en el interior de la Casa Solar realizados por el equipo Urcomante.

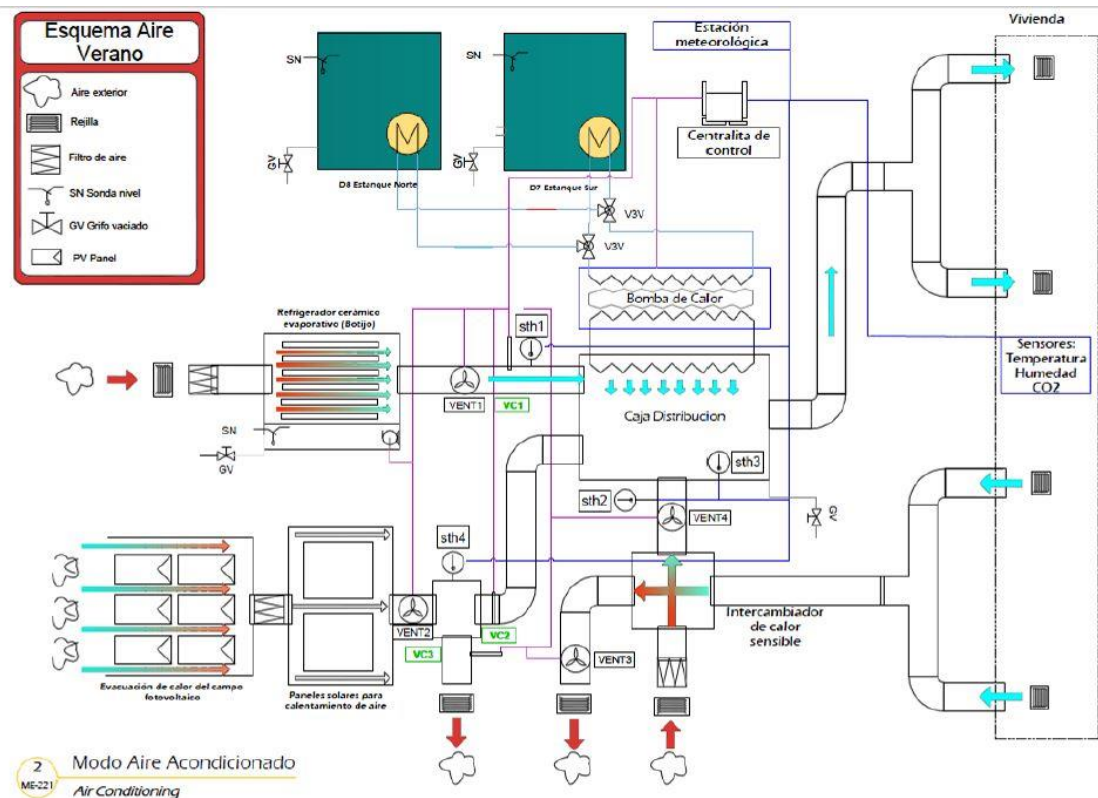


Imagen 25. Esquema de funcionamiento de la instalación de climatización en modo refrigeración realizados por el equipo Urcomante.

## MODO PRIMAVERA/OTOÑO.

Durante estos periodos estacionales es cuando más impreciso es el funcionamiento del sistema de climatización ya que la demanda puede ser muy variable. Por ello, la centralita tendrá un importante papel ya que será la encargada de poner en funcionamiento un sistema u otro según la temperatura y humedad relativa que detecte a través de los sensores ubicados en el interior de la vivienda.

## REFRIGERADOR EVAPORATIVO. BOTIJO.

Según las temperaturas y la humedad el refrigerador evaporativo junto con el intercambiador de calor y los paneles térmicos de aire harán que las condiciones sean las adecuadas para el confort en el interior.

## BOMBA DE CALOR.

Como ya hemos visto anteriormente según las necesidades específicas se servirá de un estanque u otro.

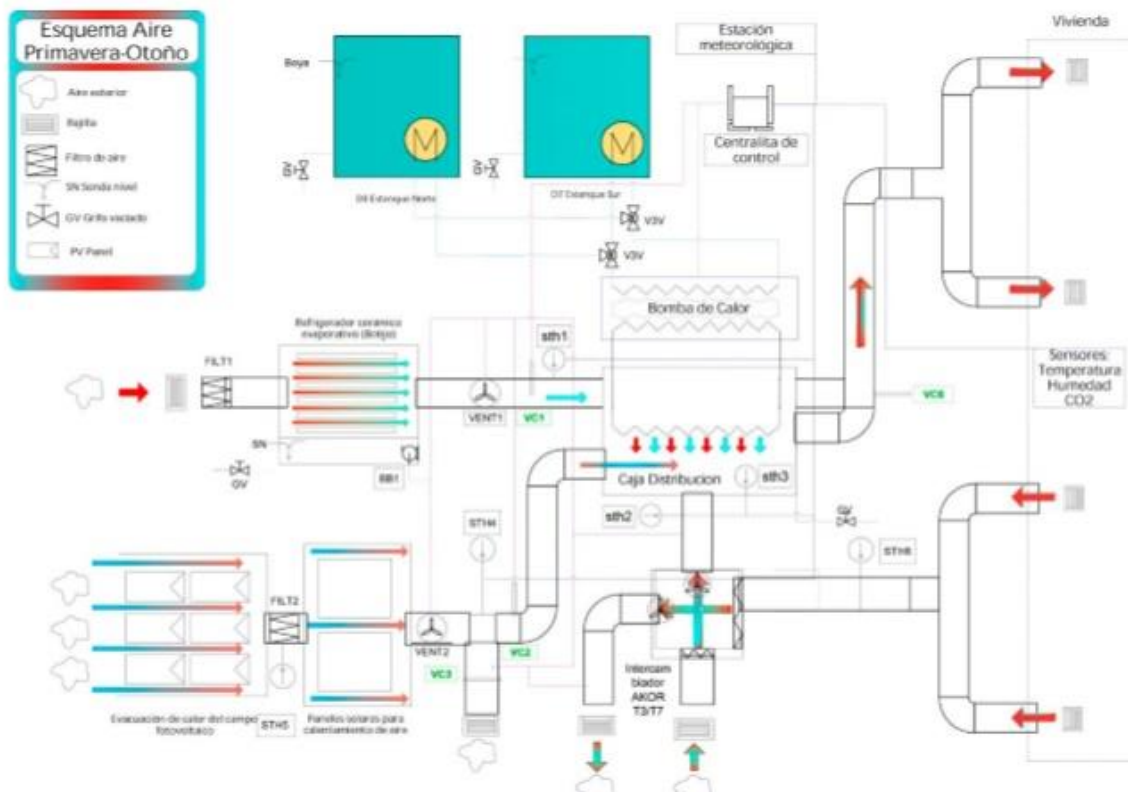


Imagen 26. Esquema de funcionamiento de la instalación de climatización para primavera/verano realizados por el equipo Urcomante.



## NORMATIVA VIGENTE

Según la normativa española vigente, CTE HE 2 (RITE), la climatización es:

*“Dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad relativa, calidad del aire y, a veces, también de presión, necesarias para el bienestar de las personas y/o la conservación de las cosas. Puede apreciarse que se ha abandonado cualquier referencia al aire acondicionado, por ser una expresión que, aunque correcta, puede prestarse a equívoco, ya que la mayoría de la gente parece entender que se refiere exclusivamente a la refrigeración (climatización de verano), aunque sería más lógico se refiriese al acondicionamiento del aire en todas las épocas, verano e invierno.”*

\_El Código Técnico de la Edificación (CTE) que es el conjunto de normativas que según las exigencias deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE). Se tendrán en cuenta principalmente los documentos básicos (DB):

\_DB-HE: Documento Básico sobre el ahorro de energía, en el que se especifican los parámetros que debe tener la envolvente de un edificio para conseguir un buen uso de la energía necesaria para la habitabilidad de los edificios, reduciendo su consumo e intentando que parte de la energía empleada provenga de energías renovables.

\_DB-HS: Documento Básico sobre la salubridad, prestaremos especial atención al apartado HS3 el referido a la calidad del aire, que en el tema de la climatización es el que más nos preocupa, este Documento básico dicta:

*“Exigencia básica HS 3: Calidad del aire interior.*

1. *Los edificios dispondrán de medios para que sus recintos se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los edificios, de forma que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes.*

2. *Para limitar el riesgo de contaminación del aire interior de los edificios y del entorno exterior en fachadas y patios, la evacuación de productos de combustión de las instalaciones térmicas se producirá con carácter general por la cubierta del edificio, con independencia del tipo de combustible y del*

*aparato que se utilice, y de acuerdo con la reglamentación específica sobre instalaciones térmicas”.*

\_El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), REAL DECRETO 1027/2007, en el cual se establecen las exigencias de eficiencia energética y seguridad que las instalaciones térmicas de un edificio deben seguir para el bienestar de las personas.

*\_ “Las mayores exigencias en eficiencia energética que establece el Real Decreto se plasman en:*

*\_Mayor Rendimiento Energético en los equipos de generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos.*

*\_Mejor aislamiento en los equipos y conducciones de los fluidos térmicos.*

*\_Mejor regulación y control para mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados.*

*\_Utilización de energías renovables disponibles, en especial la energía solar y la biomasa.*

*\_Incorporación de subsistemas de recuperación de energía y el aprovechamiento de energías residuales.*

*\_Sistemas obligatorios de contabilización de consumos en el caso de instalaciones colectivas. Desaparición gradual de combustibles sólidos más contaminantes.*

*\_Desaparición gradual de equipos generadores menos eficientes.”*

\_Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.

Una vez sabidas las normas que debemos seguir comprobaremos que la instalación de la casa solar cumple con los requisitos básicos.

## DESARROLLO CONSTRUCTIVO DE LOS CERRAMIENTOS.

En el ámbito de las instalaciones de climatización es muy importante el diseño de la envolvente, ya que con un buen diseño y una buena elección de los materiales podemos conseguir mejorar la eficiencia energética de la casa, mediante el control de transmisión de calor de los cerramientos.

La envolvente podríamos denominarla como la piel del edificio, siendo ésta la protección que aísla el edificio del medio que lo rodea, protegiéndolo y contribuyendo a mantener las condiciones de confort interior.

La envolvente aísla y ventila, regulando la temperatura y la humedad interior.

En la actualidad, el acondicionamiento mecánico nos aleja del camino hacia las estrategias de diseño bioclimático, para climatizar naturalmente los espacios interiores del edificio.

Por esto, la envolvente debe volver a tomar el papel que ha ido perdiendo con la llegada de los sistemas mecánicos y pensarse para que proporcione las condiciones más favorables posibles en el interior del edificio, con el fin de reducir la dependencia de los sistemas de climatización mecánicos y contribuir con el medio ambiente.

Hoy en día es muy común la búsqueda de las nuevas tecnologías en cuanto a los materiales de la envolvente se refiere.

En la casa solar se busca el uso de nuevos materiales alternativos que faciliten el llegar a unas condiciones de confort interiores mejores. El principal material que incorpora es la lana de oveja como aislante térmico y acústico.

Para conocer cómo funciona la envolvente de la casa solar describimos de manera breve los cerramientos y los materiales empleados.

### FORJADO.

Toda la estructura de la casa solar se realiza con madera ya que ésta es un aislante natural y tiene una estructura porosa que permite una óptima protección contra el frío en invierno y el calor en verano, construyéndose así una estructura de bajo consumo energético.

El forjado es de viguetas de madera aserrada de sección 100x200 mm y sobre estas un sistema de tableros contrachapados. Entre las viguetas se dispone aislamiento de

lana de oveja de 200 mm de espesor, éste es un material con una gran capacidad aislante, tanto térmica como acústica y además sirve de regulación higrométrica.

En la parte exterior del forjado se coloca la lámina impermeabilizante, que en consonancia con la estructura de madera y los aislamientos naturales se opta por una solución de impermeabilización transpirable, mientras que en la cara interior se disponen dos capas de aislamiento acústico a base de fibras de madera (Izopanel Acústico Bioklima Nature), estos paneles se fabrican mediante un proceso húmedo, a partir de fibras de madera procedentes al 90% de restos de corta y al 10% de restos de la industria de la madera, se dispone sobre ellos un sistema de rastreles que servirá para colocar la tarima de madera de 8 mm de espesor.

## FACHADAS

Para la construcción de las fachadas se tendrá muy en cuenta la orientación de las mismas:

\_Para la FACHADA NORTE en el cerramiento correspondiente con el espacio del baño se opta por un sistema de tableros contralaminados que funcionan como si de un diafragma se tratara. Al igual que en los cerramientos horizontales en la parte exterior se dispone la lámina impermeabilizante y en la parte interior se colocan dos paneles de aislamiento acústico de fibras de madera sobre los que se dispone la tarima de madera.

En la parte correspondiente con la mochila técnica se realiza una fachada ventilada de vidrios planos y curvos con butiral negro. Dado que las mochilas exteriores necesitarán ser accesibles se colocan dos puertas correderas.

\_En la FACHADA SUR la parte ciega se realiza mediante un entramado ligero con cámara rellena de aislamiento térmico de lana de oveja y acabado con tableros para exterior. La parte acristalada tiene un vidrio fijo y las carpinterías son de madera de roble.

\_Las FACHADAS ESTE Y OESTE son de vidrio de doble cámara y carpintería a base de junquillos de madera de roble. Por delante del vidrio se disponen unas lamas con alma de aluminio y chapadas con madera de alerce.

\_Para las FACHADAS DE LOS MÓDULOS también se emplea un entramado ligero de madera aserrada de Pino Silvestre con aislamiento térmico de lana de oveja en la cámara intermedia. En la parte exterior se colocan unos montantes de aluminio sobre los que se colocan los elementos de captación

fotovoltaica y los huecos se realizan con vidrios fijos. En la parte interior se colocan dos tableros de aislamiento acústico a base de fibra de madera y como acabado se coloca un tablero de madera compacto.

## CUBIERTAS

La estructura de la cubierta se realiza también mediante viguetas de madera aserrada de sección 100x200 mm y sobre ellas tableros contrachapados. Entre las correas se dispone el aislamiento acústico de lana de oveja de 200mm de espesor.

Al exterior se coloca la capa impermeabilizante transpirable con efecto reflectante, que mejora el comportamiento térmico de la Casa Solar, y al interior se colocan dos capas de aislamiento acústico a base de fibra de madera, colocando sobre ellos el falso techo también de madera.

Sobre la impermeabilización se crea una cámara de aire ventilada y sobre ella, se dispone el panel térmico de aire anclado mediante un sistema similar a los empleados para la sujeción de los muros cortina de vidrio.

## PORCHE

Este espacio no va a disponer de climatización puesto que es un espacio abierto. Se construye mediante un sistema de correas de madera aserrada de Pino Silvestre y sobre ellas se coloca un sistema de plots regulables en altura que sirve de apoyo al suelo acabado.

## ESPACIOS DE LAS MOCHILAS TÉCNICAS

En estos espacios el suelo será de tarima de madera sobre rastreles de 50x50mm, dos paneles de aislamiento acústico, un tablero contrachapado de madera de 18mm, capa de fibra de madera e=25mm, 5 tableros KLH estructurales, contrachapado de madera 18mm y lámina impermeabilizante.

## LIDER-CALENER.

Este programa es una plataforma de los programas generales oficiales del Código Técnico de la Edificación empleado para la evaluación de la demanda y el consumo energético y la adaptación a todo lo dispuesto en el DB-HE del año 2013. Para ello, incluimos los cerramientos en la biblioteca y realizamos el modelado en 3D del edificio.

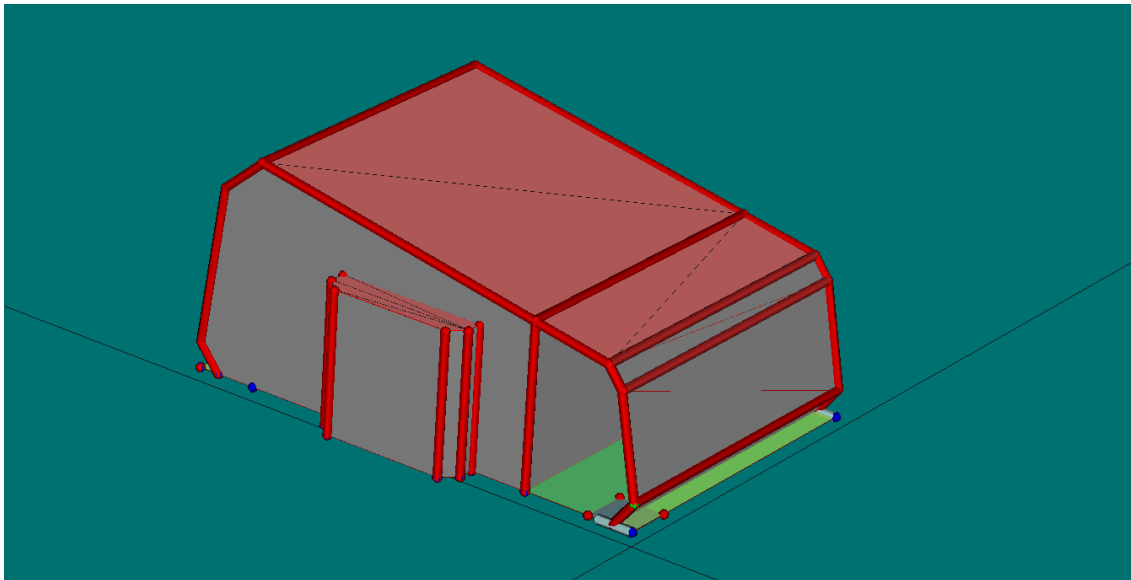


Imagen 27. Volumetría 3D exportada de Lider-Calener.

Debido a la geometría de la casa solar la construcción de la volumetría resulta muy compleja con este programa, ya que debemos realizar una volumetría simplificada, sin incluir la curvatura de la envolvente. Para realizar dicha volumetría nos servimos de un archivo dxf base y vamos realizando el dibujo a base de líneas auxiliares tanto en 2D como en 3D.

Al tener que realizar de esta manera el modelado de la vivienda no obtenemos resultados congruentes, por lo que descartamos este programa como método de estudio de la eficiencia del generador energético de la Casa Solar, aunque si podemos emplear los resultados obtenidos de las transmitancias de los cerramientos.

## DESIGN BUILDER.

Design builder es un programa de simulación ambiental y energética de construcciones. Con este programa podremos realizar un análisis exhaustivo de la instalación de calefacción y refrigeración de la Casa Solar, conociendo así los niveles de confort, el consumo energético y las emisiones e CO<sub>2</sub>.

Primeramente, como ya había realizado un modelado 3D con el programa Sketchup investigamos si es posible exportar de Sketchup a design builder. Según la información obtenida se puede exportar desde Sketchup a través de una extensión llamada gmodeller en formato gbxml, el cual lee design builder. Intentamos realizar esto, para ello realizamos un nuevo modelo simplificado en sketchup de la Casa Solar y clasificamos los cerramientos, según si es muro exterior, cubierta, suelo, carpintería, etc.

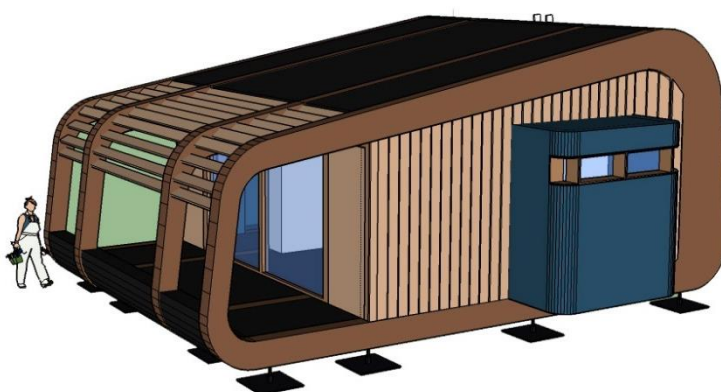


Imagen 28. Volumetría realizada en Sketchup de la Casa Solar Urcomante.

Una vez hecho todo esto, nos encontramos con el problema de que debido al tipo de versión que se puede obtener de manera gratuita sólo se puede exportar un archivo .xml que el programa design builder no nos permite cargar por lo que procedemos a realizar un nuevo modelado dentro de la aplicación design builder.

Comenzamos la nueva construcción del modelo 3D clasificando cada estancia de la vivienda en zonas a las que asignamos el cerramiento que tiene en la actualidad, pero nuevamente nos encontramos con que la geometría de la Casa Solar dificulta el modelado para llegar a los resultados adecuados por lo que procedemos al cálculo manual partiendo de los datos que si hemos conseguido exportar del programa Lider-Calener.

## CÁLCULO DE LAS TRANSMITANCIAS DE LOS CERRAMIENTOS.

Los datos de transmitancias que a continuación se exponen han sido exportados del programa Lider-Calener y serán los que utilicemos para el cálculo de la demanda energética.

Nombre

Composición del Cerramiento:  
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	lamina impermeable	0,020	0,220	880	1300	
2	Tablero contrachapado d < 250	0,020	0,090	200	1600	
3	Lana de oveja	0,240	0,040	14	1009	
4	Tablero contralaminado	0,020	0,130	400	1600	
5	Panel de fibras de madera	0,020	0,048	270	2100	
6	Panel de fibras de madera	0,020	0,048	270	2100	
7	Cámara de aire ventilada, flujo horizontal					0,090
8						

Grupo Material

Material   Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U  W/(m²K)

Nombre

Composición del Cerramiento:  
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Tablero madera-cemento	0,018	0,220	700	1600	
2	Cámara de aire ligeramente ventilada					0,080
3	lamina impermeable	0,020	0,220	880	1300	
4	Tablero contralaminado	0,180	0,130	400	1600	
5	Lana de oveja	0,040	0,040	14	1009	
6	Tablero DM	0,020	0,140	450	1600	
7	Tablero DM	0,020	0,140	450	1600	
8						

Grupo Material

Material   Espesor (m)

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U  W/(m²K)



Nombre

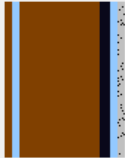
Composición del Cerramiento:  
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Tarima flotante	0,020	0,120	650	800	
2	Cámara de aire sin ventilar horizontal 1 cm					0,150
3	Tablero contralaminado	0,180	0,130	400	1600	
4	Barrera de vapor	0,010	0,600	1	800	
5	lamina impermeable	0,020	0,220	880	1300	
6	Cámara de aire sin ventilar horizontal 1 cm					0,150
7	Tablero madera-cemento	0,018	0,220	700	1600	
8						

Grupo Material

Material   Espesor (m)

U  W/(m²K)



Nombre

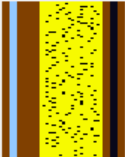
Composición del Cerramiento:  
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Tarima flotante	0,020	0,120	650	800	
2	Cámara de aire sin ventilar horizontal 5 cm					0,160
3	Panel de fibras de madera	0,020	0,048	270	2100	
4	Panel de fibras de madera	0,020	0,048	270	2100	
5	Tablero contralaminado	0,020	0,130	400	1600	
6	Lana de oveja	0,140	0,040	14	1009	
7	Tablero contrachapado d < 250	0,020	0,090	200	1600	
8	lamina impermeable	0,020	0,220	880	1300	
9	Tablero contrachapado d < 250	0,020	0,090	200	1600	
10						

Grupo Material

Material   Espesor (m)

U  W/(m²K)



Nombre

Composición del Cerramiento:  
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Tablero madera-cemento	0,018	0,220	700	1600	
2	Cámara de aire ligeramente ventilada vertical 1					0,075
3	lamina impermeable	0,020	0,220	880	1300	
4	Barrera de vapor	0,010	0,600	1	800	
5	Tablero contrachapado d < 250	0,020	0,090	200	1600	
6	Lana de oveja	0,105	0,040	14	1009	
7	Tablero contrachapado d < 250	0,020	0,090	200	1600	
8						

Grupo Material

Material   Espesor (m)

Añadir   Cambiar   Eliminar   Subir   Bajar

U  W/(m²K)

Nombre

Composición del Cerramiento:  
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Tablero contrachapado d < 250	0,020	0,090	200	1600	
2	Tablero contrachapado d < 250	0,020	0,090	200	1600	
3	Lana de oveja	0,200	0,040	14	1009	
4	Tablero contrachapado d < 250	0,020	0,090	200	1600	
5	Tablero contrachapado d < 250	0,020	0,090	200	1600	
6						

Grupo Material

Material   Espesor (m)

Añadir   Cambiar   Eliminar   Subir   Bajar

U  W/(m²K)

Nombre


Composición del Cerramiento:  
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,020	0,250	825	1000	
2	Cámara de aire ligeramente ventilada vertical 2					0,085
3	Panel de fibras de madera	0,020	0,048	270	2100	
4	Tablero contrachapado d < 250	0,020	0,090	200	1600	
5	Lana de oveja	0,040	0,040	14	1009	
6	Tablero contralaminado	0,180	0,130	400	1600	
7						

Grupo Material

Material   Espesor (m)

U  W/(m²K)



Nombre


Composición del Cerramiento:  
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Vidrios triples	0,046	0,550	2500	876	
2						

Grupo Material

Material   Espesor (m)

U  W/(m²K)



Nombre


Composición del Cerramiento:  
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Tablero contralaminado	0,020	0,130	400	1600	
2	Lana de oveja	0,100	0,040	14	1009	
3	Tablero contrachapado d < 250	0,020	0,090	200	1600	
4						

Grupo Material

Material   Espesor (m)

U  W/(m²K)



Nombre


Composición del Cerramiento:  
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).  
Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Vidrios triples	0,046	0,550	2500	876	
2						

Grupo Material

Material   Espesor (m)

U  W/(m²K)



TABLAS DE TRANSMITANCIAS DE LOS CERRAMIENTOS.

Una vez conocida la resistencia de cada uno de los materiales y de cada tipo de cerramiento calculamos las transmitancias de toda la envolvente de la casa solar.

MUROS	ZONA CLIMÁTICA: D2					
	TIPOS	A (m2)	U	AxU	RESULTADO	
NOROESTE	Fachada Noreste	23,55	0,48	11,30	$\sum A =$	24,03
	Mochila	2,65	0,17	0,45	$\sum AxU =$	11,75
					$\frac{\sum AxU}{\sum A} =$	0,49
SURESTE	Caja Sureste	2,61	0,29	0,76	$\sum A =$	2,61
					$\sum AxU =$	0,76
					$\frac{\sum AxU}{\sum A} =$	0,29
NOROESTE	Caja oeste	2,61	0,29	0,76	$\sum A =$	2,61
					$\sum AxU =$	0,76
					$\frac{\sum AxU}{\sum A} =$	0,29
SUROESTE	Fachada Suroeste	7,61	0,33	2,51	$\sum A =$	10,26
	Caja este+oeste	2,65	0,33	0,87	$\sum AxU =$	3,39
					$\frac{\sum AxU}{\sum A} =$	0,33

Para los cerramientos horizontales siguiendo el Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE1) del CTE es necesario realizar una corrección siguiendo lo estable en la siguiente tabla:

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m<sup>2</sup>·K/ W

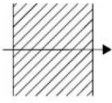
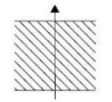
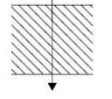
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R <sub>se</sub>	R <sub>si</sub>
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo Horizontal 	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (Techo) 	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo) 	0,04	0,17

Imagen 29. Tabla E.1. Apéndice E. CTE-DB-HE1

SUELOS	TIPOS	A (m2)	U	AxU	RESULTADO	
	Suelo central	27,48	0,22	6,05	$\sum A=$	31,81
	Suelo cajas	3,13	0,49	1,53	$\sum AxU=$	7,84
	Suelo Baño	1,2	0,22	0,26	$\frac{\sum AxU}{\sum A}$ =	0,25

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m<sup>2</sup>·K/W

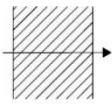
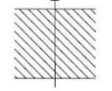
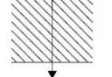
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		R <sub>se</sub>	R <sub>si</sub>
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo Horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (Techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,04	0,17

Imagen 30. Tabla E.1. Apéndice E. CTE-DB-HE1

CUBIERTA	TIPOS	A (m2)	U	AxU	RESULTADO	
	Cubierta central	47,08	0,13	6,12	$\sum A=$	76,61
	Cubierta cajas	29,53	0,32	9,45	$\sum AxU=$	15,57
					$\frac{\sum AxU}{\sum A}$ =	0,20

HUECOS	ZONA CLIMÁTICA: D2						
	TIPOS	A (m2)	U	F	AxU	AXF	RESULTADO
SURESTE	Fachada Sureste	12,8	0,55	0,08	7,04	1,02	$\sum A=$ 13,82
	Carpintería Sureste	1,02	0,67	0,29	0,68	0,30	$\sum AxU=$ 7,72
							$\sum AxF=$ 1,32
							$\frac{\sum AxU}{\sum A}$ = 0,56

							$\frac{\sum A \times F}{\sum A}$ =	0,10
<b>NOROESTE</b>	Fachada Noroeste	12,13	0,55	0,09	6,67	1,09	$\sum A$ =	14,74
	Caja oeste	2,61	0,29	0,29	0,76	0,76	$\sum A \times U$ =	7,43
							$\sum A \times F$ =	1,85
							$\frac{\sum A \times U}{\sum A}$ =	0,50
							$\frac{\sum A \times F}{\sum A}$ =	0,13
<b>SUROESTE</b>	Fachada Suroeste	7,61	0,33	0,08	2,51	0,61	$\sum A$ =	10,26
	Caja este+oeste	2,65	0,33	0,29	0,87	0,77	$\sum A \times U$ =	3,39
							$\sum A \times F$ =	1,38
							$\frac{\sum A \times U}{\sum A}$ =	0,33
							$\frac{\sum A \times F}{\sum A}$ =	0,13

<b>HUECOS</b>	<b>ZONA CLIMÁTICA: D2</b>							
	<b>TIPOS</b>	<b>A (m2)</b>	<b>F</b>	<b>U</b>	<b>AxU</b>	<b>AxF</b>	<b>RESULTADO</b>	
<b>NORESTE</b>	Carpintería baño 1	0,66	0,08	0,48	0,32	0,05	$\sum A$ =	3,72
	Carpintería baño 2	2,65	0,08	0,17	0,45	0,21	$\sum A \times U$ =	1,04
	Ventana caja	0,41	0,08	0,67	0,27	0,03	$\sum A \times F$ =	0,30
							$\frac{\sum A \times U}{\sum A}$ =	0,28
							$\frac{\sum A \times F}{\sum A}$ =	0,08

<b>LUCERNARIO</b>	<b>TIPOS</b>	<b>A (m2)</b>	<b>F</b>	<b>AxF</b>	<b>RESULTADO</b>
	Lucernario cubierta	1,19	0,98	1,17	$\sum A$ =
Lucernario Cajas	0,13	0,98	0,1274	$\sum A \times F$ =	1,17
				$\frac{\sum A \times F}{\sum A}$ =	0,98

### D.2.14 ZONA CLIMÁTICA D2

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno  
 Transmitancia límite de suelos  
 Transmitancia límite de cubiertas  
 Factor solar modificado límite de lucernarios

$U_{Mlim}$ : 0,66 W/m <sup>2</sup> K
$U_{Slim}$ : 0,49 W/m <sup>2</sup> K
$U_{Clim}$ : 0,38 W/m <sup>2</sup> K
$F_{Llim}$ : 0,31

% de huecos	Transmitancia límite de huecos $U_{Hlim}$ W/m <sup>2</sup> K				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
	N/NE/NO	E/O	S	SE/SO	Baja carga interna			Alta carga interna		
					E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	3,5	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,0	3,5	3,5	3,5	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,5	2,9	3,5	3,5	-	-	-	0,58	-	0,61
de 31 a 40	2,2	2,6	3,4	3,4	-	-	-	0,46	-	0,49
de 41 a 50	2,1	2,5	3,2	3,2	-	-	0,61	0,38	0,54	0,41
de 51 a 60	1,9	2,3	3,0	3,0	0,49	-	0,53	0,33	0,48	0,36

Imagen 27. Tabla Zona climática D.2.14 CTE-DB-HE1.

MUROS DE FACHADA			
	U media		U limite
NORESTE	0,49	<	0,66
SURESTE	0,29		
NOROESTE	0,29		
SUROESTE	0,33		

SUELOS		
U media		U limite
0	<	0,82

CUBIERTAS		
U media		U limite
0,2	<	0,38

HUECOS			
Orientación	U media		
NORESTE	0,91	<	2,3
SURESTE	0,1		
NOROESTE	0,13		
SUROESTE	0,14		

Dado que hemos calculado las nuevas transmitancias y disponemos de las calculadas por el equipo Urcomante realizamos una comparativa de ambas:

55 *Optimización del generador energético de viviendas unifamiliares aisladas. Estudio de la instalación calefacción/refrigeración de la casa solar de la ETSAV y propuestas de mejora.*



MUROS	ZONA CLIMÁTICA: D3					
	TIPOS	A (m2)	U	AxU	RESULTADO	
NORTE	Fachada Noreste	23,55	0,25	5,89	$\sum A =$	26,2
	Mochila	2,65	0,27	0,72	$\sum AxU =$	6,60
					$\sum AxU / \sum A =$	0,25
ESTE	Caja Sureste	2,61	0,27	0,70	$\sum A =$	2,61
					$\sum AxU =$	0,70
					$\sum AxU / \sum A =$	0,27
OESTE	Caja oeste	2,61	0,27	0,70	$\sum A =$	2,61
					$\sum AxU =$	0,70
					$\sum AxU / \sum A =$	0,27
SUR	Fachada Suroeste	7,61	0,29	2,21	$\sum A =$	10,26
	Caja este+oeste	2,65	0,27	0,72	$\sum AxU =$	2,92
					$\sum AxU / \sum A =$	0,28

SUELOS	TIPOS	A (m2)	U	AxU	RESULTADO	
	Suelo central	27,48	0,17	4,67	$\sum A =$	33,02
	Suelo cajas	5,54	0,24	1,33	$\sum AxU =$	6,00
					$\sum AxU / \sum A =$	0,18

CUBIERTA	TIPOS	A (m2)	U	AxU	RESULTADO	
	Cubierta central	47,08	0,18	8,47	$\sum A =$	76,61
	Cubierta cajas	29,53	0,16	4,72	$\sum AxU =$	13,20
					$\sum AxU / \sum A =$	0,17

HUECOS	ZONA CLIMÁTICA: D2								
	TIPOS	A (m2)	U	F	AxU	AXF	RESULTADO		
ESTE	Fachada Este	12,8	0,69	0,09	8,83	1,15	$\Sigma A =$	13,82	
	Carpintería Este	1,02	0,67	0,29	0,68	0,30	$\Sigma AxU =$	9,52	
							$\Sigma AxF =$	1,45	
							$\Sigma AxU / \Sigma A =$	0,69	
							$\Sigma AxF / \Sigma A =$	0,10	
OESTE	Fachada Oeste	12,13	0,7	0,08	8,49	0,97	$\Sigma A =$	13,88	
	Caja Oeste	1,75	0,62	0,3	1,09	0,53	$\Sigma AxU =$	9,58	
							$\Sigma AxF =$	1,50	
							$\Sigma AxU / \Sigma A =$	0,69	
							$\Sigma AxF / \Sigma A =$	0,11	
SUR	Fachada Sur	7,2	0,35	0,08	2,52	0,58	$\Sigma A =$	7,61	
	Carpintería Sur	0,41	0,67	0,28	0,27	0,11	$\Sigma AxU =$	2,79	
							$\Sigma AxF =$	0,69	
							$\Sigma AxU / \Sigma A =$	0,37	
							$\Sigma AxF / \Sigma A =$	0,09	

HUECOS	ZONA CLIMÁTICA: D2						
	TIPOS	A (m2)	U	AxU	RESULTADO		
NORESTE	Carpintería baño 1	0,66	0,71	0,47	$\Sigma A =$	1,73	
	Carpintería baño 2	0,66	0,71	0,47	$\Sigma AxU =$	1,21	
	Ventana caja	0,41	0,67	0,27	$\Sigma AxU / \Sigma A =$	0,70	

<b>LUCERNARIO</b>	<b>TIPOS</b>	<b>A (m2)</b>	<b>F</b>	<b>AxF</b>	<b>RESULTADO</b>	
	Lucernario cubierta	1,19	0,98	1,17	$\sum A =$	1,19
					$\sum AxF =$	1,17
					$\frac{\sum AxF}{\sum A} =$	0,98

<b>MUROS DE FACHADA</b>			
	<b>U media</b>		<b>U limite</b>
<b>NORTE</b>	0,25	<	0,66
<b>ESTE</b>	0,27		
<b>OESTE</b>	0,27		
<b>SUR</b>	0,29		

<b>SUELOS</b>		
<b>U media</b>		<b>U limite</b>
0,18	<	0,49

<b>CUBIERTAS</b>		
<b>U media</b>		<b>U limite</b>
0,17	<	0,38

<b>HUECOS</b>			
<b>Orientación</b>	<b>U media</b>		
<b>NORTE</b>	0,7	<	2,3
<b>ESTE</b>	0,69		
<b>OESTE</b>	0,69		
<b>SUR</b>	0,37		

## PREVISIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA DE LA CASA SOLAR.

Para los cálculos de este apartado nos basaremos en los apuntes de la asignatura de Ampliación de Acondicionamiento II impartida en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid por el Dr. Arquitecto Jesús Feijó Muñoz.

### CÁLCULO EN CONDICIONES DE INVIERNO.

#### PÉRDIDAS TOTALES.

Las pérdidas totales se obtienen a través del sumatorio del cálculo de las pérdidas según los diversos medios o elementos que componen una edificación.

$$P_T = \sum (PP + PR - GI) \cdot CM$$

Dónde:

PT son las pérdidas totales de calor en la edificación en W.

PP son las pérdidas producidas a través de los paramentos delimitadores en W.

PR son las pérdidas producidas por las renovaciones de aire en W.

GI son las ganancias que se producen en el interior, que puede haber o no, en W.

CM es el coeficiente de mayoración.

Para saber por lo tanto cuáles serán las pérdidas totales durante el invierno calcularemos cada uno de los sumatorios:

Tomaremos como temperaturas de referencia:

Provincia	Estación		Indicativo				
Valladolid	Valladolid (Villanubla)		2539				
<b>UBICACIÓN: ENTORNO CIUDAD</b>			<b>Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO</b>				
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad	
846	41°42'00"	04°51'00" W	81.499	14.605	10.925		
<b>CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)</b>							
TSMIN (°C)	TS_99,6 (°C)	TS_99 (°C)	OMDC (°C)	HUMcoín (%)	OMA (°C)		
-11,8	-5,2	-4,0	11,4	95,1	38,4		
<b>CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)</b>							
TSMAX (°C)	TS_0,4 (°C)	THC_0,4 (°C)	TS_1 (°C)	THC_1 (°C)	TS_2 (°C)	THC_2 (°C)	OMDR (°C)
38,6	33,2	19,2	31,8	18,9	30,0	18,5	18,9
<b>CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)</b>							
TH_0,4 (°C)	TSC_0,4 (°C)	TH_1 (°C)	TSC_1 (°C)	TH_2 (°C)	TSC_2 (°C)		
20,5	20,5	19,6	19,6	18,8	18,8		

Imagen 31. Guía técnica de condiciones climáticas del proyecto. RITE.

## \_PÉRDIDAS POR LOS PARAMENTOS.

$$P_p = \sum(A \cdot U) \cdot \Delta t$$

Dónde:

PP son las pérdidas producidas a través de los paramentos en W.

A es la superficie de paramento en m<sup>2</sup>.

K es el coeficiente de transmisión térmica en W/m<sup>2</sup> oC.

Δt es la diferencia de temperatura entre interior y exterior en oC.

$$P_p = \sum(56,26) \cdot (24+5,2) = 1642,79 \text{ W}$$

## \_PÉRDIDAS POR RENOVACIÓN DE AIRE.

$$P_p = C \cdot d \cdot c_e \cdot \Delta t$$

Dónde:

PR son las pérdidas por renovación del aire interior en W.

C es el caudal de aire en m<sup>3</sup>/S.

d es de la densidad del aire (1,2 kg/m<sup>3</sup>).

Ce es el calor específico del aire (1000 J/kg oC).

Δt es la diferencia de temperatura entre interior y exterior en oC.

Todos los datos son conocidos salvo el caudal que lo obtendremos de la tabla 2.1 del CTE DB-HS3.

Tabla 2.1 Caudales de ventilación mínimos exigidos

		Caudal de ventilación mínimo exigido q <sub>v</sub> en l/s		
		Por ocupante	Por m <sup>2</sup> útil	En función de otros parámetros
Locales	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por local
	Cocinas		2	50 por local <sup>(1)</sup>
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

<sup>(1)</sup> Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina (véase el párrafo 3 del apartado 3.1.1).

En el caso de garajes con ventilación mecánica y sistema de detección de monóxido de carbono, se entiende que debe activarse el caudal mínimo exigido al menos cuando la concentración del CO supere los valores límite establecidos en el apartado 3.1.4.2 Medios de ventilación mecánica. Durante los periodos de tiempo en los que no se alcance dicho límite, podrán establecerse caudales inferiores de ventilación.

Imagen 32. Tabla 2.1. CTE-DB-HS3.

$$P_R = 0,034 \cdot 1200 \cdot (24+5,2) = 1065,22 \text{ W}$$

## \_GANANCIAS INTERIORES.

En este apartado tendremos en cuenta en el caso que se den, las ganancias de calor por electrodomésticos, una gran cantidad de ocupación, etc.

## CÁLCULO EN CONDICIONES DE VERANO.

Para el cálculo de la demanda energética en verano en lugar de tener en cuenta las pérdidas de calor debemos tener en cuenta las ganancias:

## \_GANANCIAS TOTALES.

Las ganancias totales se obtienen a través del sumatorio del cálculo de todas las ganancias, según los diversos medios o elementos que componen una edificación.

$$G_T = \sum(GP+GS+GR+GE+GI) \cdot CM$$

Dónde:

GT son las ganancias totales de calor en la edificación en W.

GP son las ganancias producidas a través de los paramentos delimitadores en W.

GS son las ganancias solares a través de los huecos en W.

GR son las ganancias producidas por las renovaciones de aire en W.

GE son las ganancias por ocupación de personas en W.

GI son las ganancias que se producen en el interior en W.

CM es el coeficiente de mayoración.

Al igual que para la previsión de carga para invierno iremos calculando de manera individual cada uno de los sumandos para obtener finalmente las ganancias totales en el interior de la casa solar.

Tomaremos como temperaturas de referencia:

Provincia	Estación					Indicativo	
Valladolid	Valladolid (Villanubla)					2539	
<b>UBICACIÓN: ENTORNO CIUDAD</b>			<b>Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO</b>				
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad	
846	41°42'00"	04°51'00" W	81.499	14.605	10.925		
<b>CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)</b>							
TSMIN (°C)	TS_99,6 (°C)	TS_99 (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)		
-11,8	-5,2	-4,0	11,4	95,1	38,4		
<b>CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)</b>							
TSMAX (°C)	TS_0,4 (°C)	THC_0,4 (°C)	TS_1 (°C)	THC_1 (°C)	TS_2 (°C)	THC_2 (°C)	OMDR (°C)
38,6	33,2	19,2	31,8	18,9	30,0	18,5	18,9
<b>CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)</b>							
TH_0,4 (°C)	TSC_0,4 (°C)	TH_1 (°C)	TSC_1 (°C)	TH_2 (°C)	TSC_2 (°C)		
20,5	20,5	19,6	19,6	18,8	18,8		

Imagen 33. Guía técnica de condiciones climáticas del proyecto. RITE.

### \_GANANCIAS POR LOS PARAMENTOS.

$$G_p = \sum(A \cdot U) \cdot \Delta t$$

Dónde:

GP son las ganancias producidas a través de los paramentos en W.

A es la superficie de paramento en m<sup>2</sup>.

K es el coeficiente de transmisión térmica en W/m<sup>2</sup> oC.

Δt es la diferencia de temperatura entre interior y exterior en oC.

$$G_p = \sum(56,26) \cdot (33,2-24) = 517,59 \text{ W}$$

### \_GANANCIAS POR RADIACIÓN SOLAR EN HUECOS.

$$G_s = S \cdot R \cdot f$$

Dónde:

GS son las ganancias por radiación solar directa en W.

C es el caudal de aire en m<sup>3</sup>/S.

d es de la densidad del aire (1,2 kg/m<sup>3</sup>).

Ce es el calor específico del aire (1000 J/kg °C).

Δt es la diferencia de temperatura entre interior y exterior en °C.

(Tabla radiación)

$$G_{S1} = 1,45 \cdot (460+41+41) = 785,9 \text{ W}$$

$$G_{S2} = 1,85 \cdot (321+24+330) = 1248,75 \text{ W}$$

$$G_{S3} = 1,45 \cdot (460+40+144) = 933,8 \text{ W}$$

Realizamos las ganancias de cada uno de los huecos de las fachadas teniendo en cuenta su orientación y tomamos el más desfavorable para el cálculo de la radiación solar total, es decir, tomamos el valor de  $G_{S1}$ .

### GANANCIAS POR RENOVACIÓN DE AIRE.

En este caso las ganancias por renovación se desglosan en dos, por un lado, las referentes a la variación de temperatura del aire y por otro lado las referentes a la variación de vapor de agua, debido a esto calcularemos por un lado las ganancias por calor sensible y por otro las ganancias por calor latente.

$$G_R = G_{RS} + G_{RL}$$

Siendo:

$$G_{RS} = C \cdot d \cdot c_e \cdot \Delta t = C \cdot 1200 \cdot \Delta t \quad G_{RL} = C \cdot d \cdot cv \cdot \Delta_{he} = C \cdot 3000 \cdot \Delta_{he}$$

$he$

Dónde:

$G_{RS}$  son las ganancias por calor sensible en W.

$G_{RL}$  son las ganancias por calor latente en W.

C es el caudal de aire en m<sup>3</sup>/S.

d es de la densidad del aire (1,2 kg/m<sup>3</sup>).

$c_e$  es el calor específico del aire (1000 J/kg oC).

$\Delta t$  es la diferencia de temperatura entre interior y exterior en oC.

$\Delta_{he}$  es la diferencia entre la humedad específica interior y exterior en g/kg.

$$G_{RS} = 0,034 \cdot 1200 \cdot (33,2-24) = 3356,62 \text{ W}$$

$$h_{rint} = 50\%$$



A partir de este valor de humedad relativa y conocidas las temperaturas interior y exterior con el ábaco obtenemos los valores de humedad específica tanto del ambiente interior como del exterior.

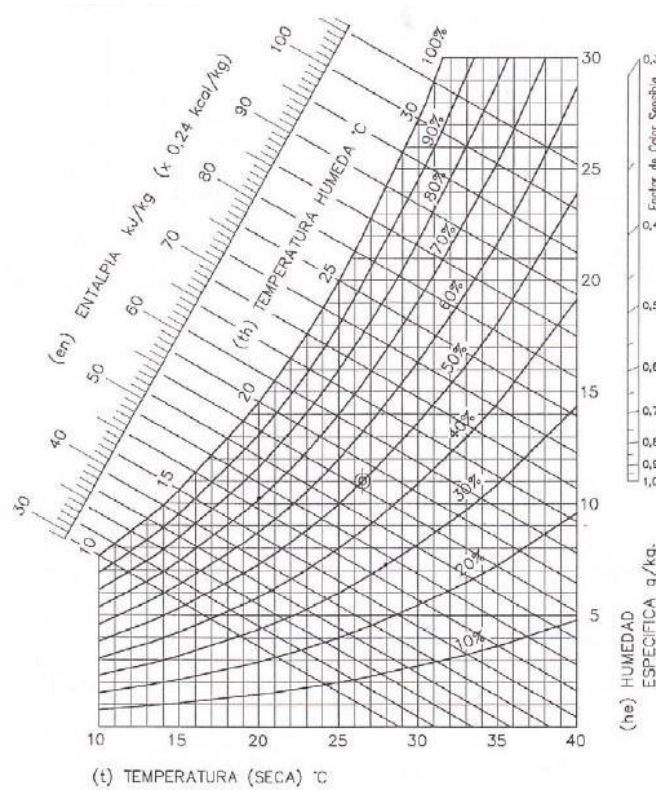


Imagen 34. Carta psicrométrica. Feijó Muñoz, Jesús. Instalaciones de climatización en la arquitectura. Universidad de Valladolid.

$$he_{int} = 9,4 \text{ g/kg}$$

$$he_{ext} = 16,5 \text{ g/kg}$$

$$G_{RL} = 0,034 \cdot 3000 \cdot (16,5 - 9,4) = 724,2 \text{ W}$$

### \_GANANCIAS POR OCUPACIÓN DE PERSONAS. GE.

Al igual que ocurría con las ganancias por renovación estas se dividen en las de calor sensible debidas a la simple respiración y las de calor latente debidas al sudor de las personas. Por lo que:

$$G_E = G_{ES} + G_{EL}$$

Siendo:

$$G_{ES} = np \cdot cs$$

$$G_{EL} = np \cdot cl$$

Donde:

$n_p$  es el número de personas que van a permanecer en el local.

$c_s$  es el calor sensible por persona en W.

$c_l$  es el calor latente por persona en W.

Los valores de calor sensible y calor latente desprendidos por una persona los obtenemos de la siguiente tabla:

Tipo de local:	W (kcal/h) desprendidos por persona	
	Calor sensible	Calor latente
Teatros, cines	60 (55)	40 (30)
Vivienda, hoteles	65 (55)	55 (50)
Restaurantes, cafeterías	75 (60)	95 (80)
Locales comerciales	90 (80)	95 (80)
Oficinas	65 (55)	70 (60)
Bailes, salas de fiesta	120 (100)	255 (220)
Gimnasios	185 (160)	340 (290)

Imagen 35. Potencia térmica aproximada aportada por las personas. Feijó Muñoz, Jesús. Instalaciones de climatización en la arquitectura. Universidad de Valladolid.

$$G_{ES} = 2 \cdot 65W = 130 W \qquad G_{EL} = 2 \cdot 55W = 110 W$$

$$G_{ES} = 6 \cdot 65W = 390 W \qquad G_{EL} = 6 \cdot 55 W = 330 W$$

$$G_E = 130 W + 110 W = 240 W$$

$$G_E = 390 W + 330 W = 720 W$$

## \_ GANANCIAS INTERIORES.

En este caso entre las ganancias interiores tendremos en cuenta las ganancias que se producen por iluminación y por los electrodomésticos:

### **Ganancias por iluminación. $G_I$ .**

$$G_I = Pot \cdot A$$

Dónde:

Pot es la potencia de las luminarias en W/m<sup>2</sup>.

A es la superficie en m<sup>2</sup>.

$$G_I = \text{Pot} \cdot A = 20 \text{ W/m}^2 \cdot 45 \text{ m}^2 = 900 \text{ W}$$

### \_ GANANCIAS POR ELECTRODOMÉSTICOS. GEL.

$$G_{EL} = 15\% \cdot \text{Pot El}$$

Dónde:

Pot es la potencia eléctrica en el momento de máximo consumo en W.

$$G_I = 15\% \cdot \text{Pot} = 15\% \cdot 2450 \text{ W} = 367,5 \text{ W}$$

### RESUMEN DE DEMANDA ENERGÉTICA TOTAL:

<b>Ganancia/ perdida</b>		<b>VERANO (W)</b>	<b>%</b>	<b>INVIERNO (W)</b>	<b>%</b>
<b>GP / PP</b>	Paramentos	517,54	13,3	1642,79	60,7
<b>GS</b>	Radiación solar	785,9	20,3	-	-
<b>GR / PR</b>	Renovación	1059,82	27,3	1065,22	39,3
<b>GE</b>	Ocupación	240	6	-	-
<b>GI</b>	Iluminación	900	23,2	-	-
<b>GEL</b>	Electrodomésticos	367,5	9,9	-	-
<b>GT / PT</b>	TOTALES	3870,76	100	2708,01	100

Para hacernos una idea más clara damos la demanda en  $W/m^2$ , siendo  $41,1 m^2$  la superficie útil de la casa.

Demanda energética de Calefacción:  $2708,01/41,1 = 65,89 W/m^2$

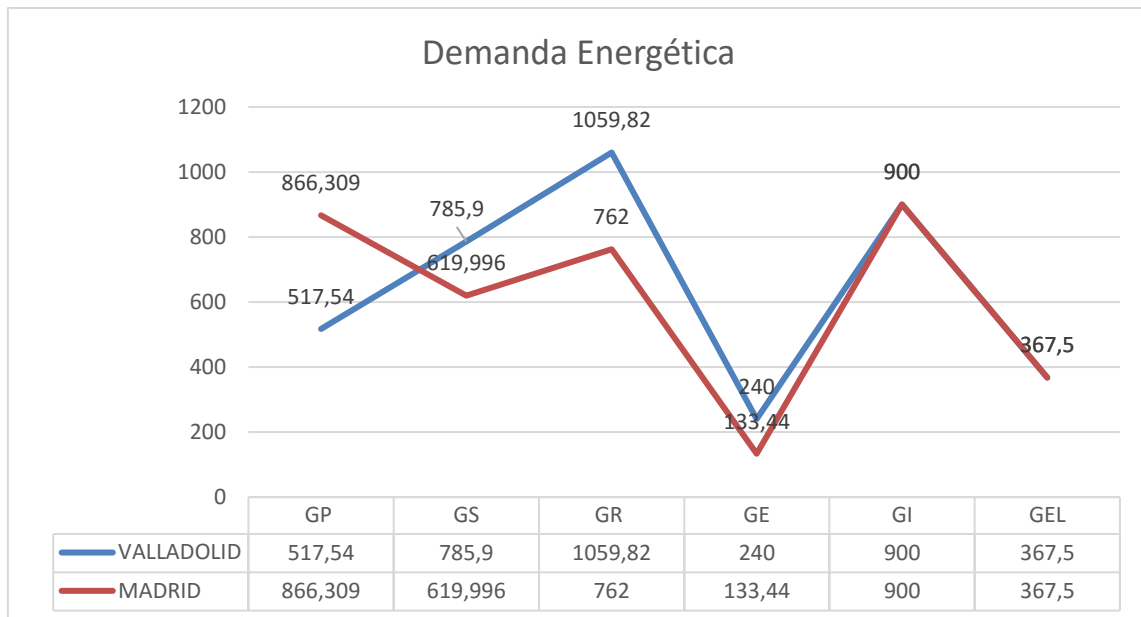
Demanda energética de Refrigeración:  $3870,76/41,1 = 94,18 W/m^2$

RESUMEN DE DEMANDA ENERGÉTICA TOTAL REALIZADO POR EL EQUIPO URCOMANTE:

Ganancia /perdida		VERANO (W)	%	INVIERNO (W)	%
<b>GP / PP</b>	Paramentos	866,309	23,03	1345,11	58,496
<b>GS</b>	Radiación solar	619,996	17,146	-	-
<b>GR / PR</b>	Renovación	762,000	21,07	954,096	41,504
<b>GE</b>	Ocupación	133,44	3,69	-	-
<b>GI</b>	Iluminación	900	24,89	-	-
<b>GEL</b>	Electrodomésticos	367,5	13,124	-	-
<b>GT / PT</b>	TOTALES	3615,869	100	2299,490	100

Demanda energética de Calefacción:  $2299,49/41,1 = 55,95 W/m^2$

Demanda energética de Refrigeración:  $3615,87/41,1 = 87,98 W/m^2$



En la gráfica anterior se realiza un resumen de las ganancias y pérdidas de cada cerramiento que compone la envolvente del edificio. Por un lado, las obtenidas por el equipo Urcomante y, por otro lado, las realizadas para el estudio de este trabajo.

Las diferencias que observamos entre ambos gráficos son debidas principalmente al cambio de la ubicación, ya que Madrid se corresponde con la zona climática D3 mientras que Valladolid corresponde a la D2. Por otro lado, la orientación de las fachadas no es exactamente igual para la ubicación de Madrid que para la Valladolid de ahí la variación en las ganancias por radiación solar.

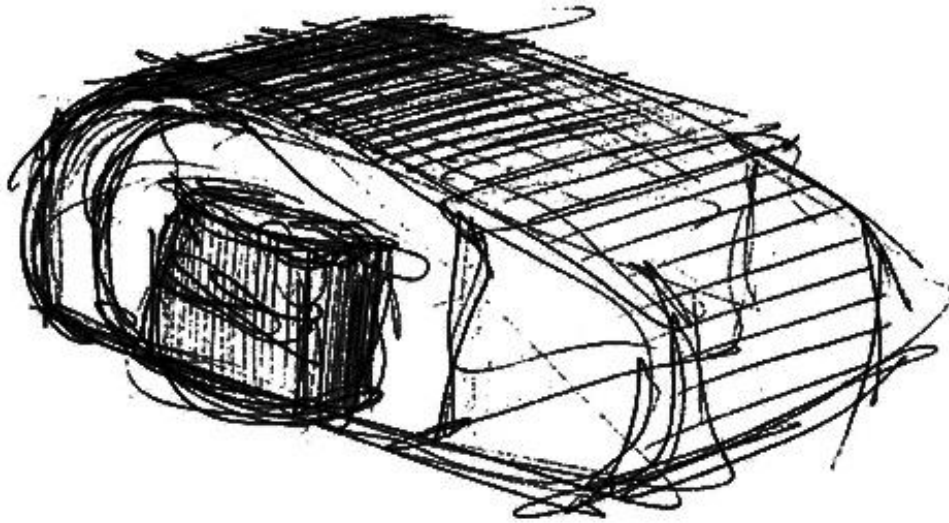
## CONCLUSIÓN DEL ESTADO ACTUAL.

Tras el análisis de la instalación de climatización de la Casa Solar, el estudio de su funcionamiento y el cálculo de la demanda energética podemos concluir cuales son los puntos a mejorar, partiendo para todos ellos de la base de la optimización energética de la instalación:

1. Dado que la climatización del espacio interior se realiza con un sistema todo aire sería importante considerar un sistema de recuperación de calor, ya que en la actualidad no existe.
2. Aunque en todos los esquemas de los circuitos de instalaciones aparecen los estanques Norte y Sur, en la actualidad no están instalados, por lo que debería considerarse la ubicación de los mismos consiguiendo así ahorro del consumo de la bomba, ya que el agua se precalentaría o enfriaría a través del intercambiador de cobre que se ubicaría en dichos estanques.
3. Ya que han pasado varios años desde la realización del proyecto se deben estudiar las nuevas máquinas que hayan podido salir al mercado durante este tiempo y que puedan contar con un mayor rendimiento que las ya instaladas.
4. Además de las nuevas máquinas que puedan haber salido al mercado, se han ido incorporando nuevos sistemas de climatización por lo que se propondrán sistemas alternativos como, por ejemplo, la combinación de suelo radiante y techo refrescante o sistemas de climatización pasiva como el efecto invernadero.

# BLOQUE 2:

# PROPUESTAS DE MEJORA







## ESTRATEGIAS DE CLIMATIZACIÓN. PROPUESTAS DE MEJORA.

Tras el estudio del estado actual de la casa solar, en el que, como se ha visto en la instalación de calefacción y refrigeración, se cuenta con elementos innovadores que han sido construidos concretamente para este proyecto. Recalculando las cargas térmicas, a partir de las cuáles obtenemos la demanda energética necesaria en la nueva ubicación, podemos barajar diversas opciones para las propuestas de mejora, teniendo siempre claro que las propuestas que se van a exponer a continuación intentan influir lo menos posible en el prototipo diseñado y construido, evitando que en caso de ser realizadas supusiesen un gran cambio en la estética de la Casa Solar.

Los puntos de partida para las posteriores propuestas de mejora son los siguientes:

1. Estudio de las bombas de calor que se encuentran actualmente en el mercado para poder incorporar una nueva más eficiente.
2. Añadir un recuperador de calor y recalcular la demanda energética realizando una comparativa entre la demanda inicial y la del estado propuesto. Tras saber la nueva demanda energética buscar nuevamente otra alternativa de bomba de calor.
3. Comprobar si actualmente el aljibe de incendios está incluido en la instalación y si es así estudiar cómo funciona el sistema y si sería posible incluir alguna nueva mejora sobre la instalación hecha.
4. Propuesta de un sistema alternativo que consistiría en incorporar suelo radiante y techo refrescante.

## ESTUDIO DE INSTALACIÓN DE BOMBA DE CALOR.

Para la selección de la bomba de calor nos basamos en el cálculo de las cargas térmicas, de acuerdo a las exigencias de diseño y dimensionado especificadas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas.

En la actualidad la bomba de calor instalada es una Logafix WRHP-Básica con refrigerante R-410<sup>a</sup> (Ver ficha técnica en Anexo 9).

Para realizar una búsqueda adecuada de una nueva bomba de calor, además de centrarnos en la potencia exigida para la climatización de la vivienda, calculamos cual es el consumo con la bomba actual, de esta manera podremos comprobar que con el cambio de la bomba de calor éste se reduciría.

Las especificaciones de la bomba de calor fijan el rendimiento del sistema (Coefficient of Performance COP) de acuerdo con sus curvas características de potencia-temperatura.

Para el cálculo del consumo eléctrico de la bomba de calor no basamos en el COP ya que éste es la relación entre la capacidad térmica de la misma (Q) y la potencia eléctrica consumida para suministrarla (W). Su definición para los modos de calefacción y refrigeración es la siguiente:

$$\text{COP}_{\text{calefacción}} = Q_{\text{calefacción}} / W_{\text{calefacción}}$$

$$Q_{\text{absorbido}} = Q_{\text{calefacción}} - W_{\text{calefacción}}$$

$$\text{COP}_{\text{refrigeración}} = Q_{\text{refrigeración}} / W_{\text{refrigeración}}$$

$$Q_{\text{inyectado}} = Q_{\text{refrigeración}} + W_{\text{refrigeración}}$$

A mayor COP menor coste operativo. Las bombas de calor térmicas tienen un COP, mayor que la unidad ya que en realidad se realiza un movimiento del calor usando energía. Una gran parte de este calor se toma de la entalpía del aire atmosférico.

Por otro lado, está el Coeficiente de Eficiencia Energética (CEE), el cual refleja la relación entre la capacidad y el consumo total máximo de los equipos de Aire Acondicionado.

## CÁLCULO DEL CONSUMO ELÉCTRICO ACTUAL.

Para calcular el consumo eléctrico utilizamos los valores obtenidos del cálculo de cargas térmicas y el COP para calefacción y el EER para refrigeración, dato que obtenemos de las especificaciones técnicas de la bomba de calor.

$$W_{\text{calefacción}} = Q_{\text{calefacción}} / \text{COP}_{\text{calefacción}}$$

$$W_{\text{calefacción}} = 2708,01 / 3,89 = \mathbf{696,15 \text{ kW}}$$

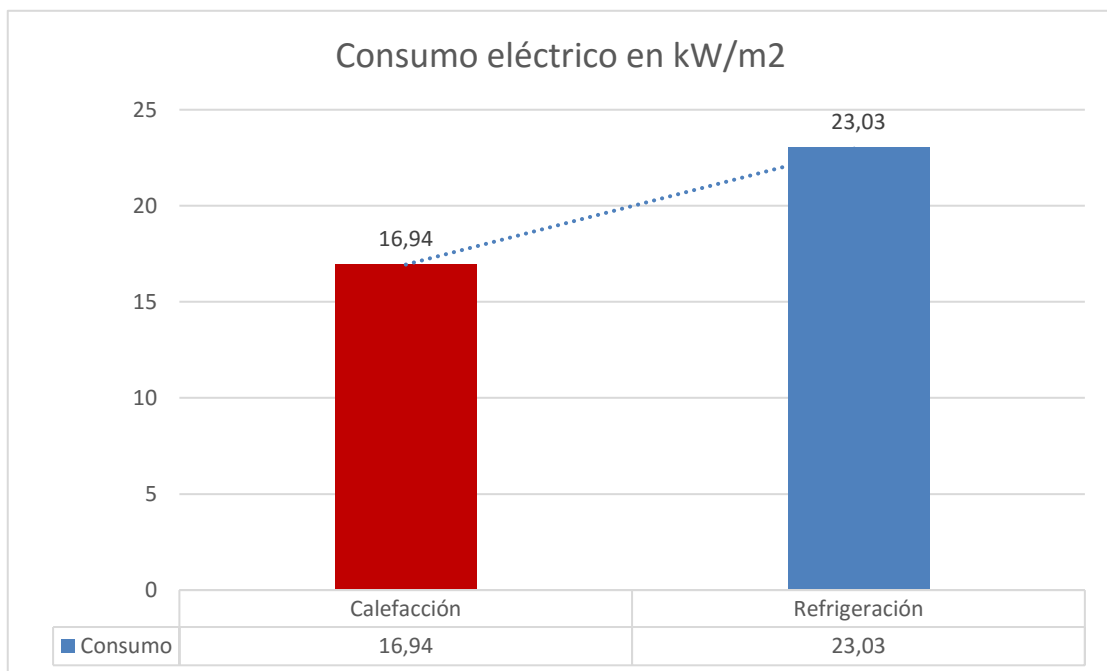
$$W_{\text{refrigeración}} = Q_{\text{refrigeración}} / \text{EER}_{\text{refrigeración}}$$

$$W_{\text{refrigeración}} = 3870,76 / 4,09 = \mathbf{946,39 \text{ kW}}$$

Para tener una idea más clara de la demanda de la Casa Solar dividimos la misma por los m<sup>2</sup>, obteniendo así la demanda necesaria por cada m<sup>2</sup>:

$$\text{Consumo de calefacción: } \mathbf{696,15 \text{ kW} / 41,1 \text{ m}^2 = 16,94 \text{ kW/m}^2$$

$$\text{Consumo de refrigeración: } \mathbf{946,39 \text{ kW} / 41,1 \text{ m}^2 = 23,03 \text{ kW/m}^2$$



## PROPUESTA 1. INCORPORACIÓN DE NUEVA BOMBA DE CALOR.

Tras realizar una larga búsqueda e investigación de una gran variedad de bombas de calor se consigue encontrar una adecuada a la Casa Solar, la cual cuenta con unos altos valores de COP Y EER, por lo que se consigue una mayor optimización de los sistemas de calefacción y refrigeración. (Ver ficha técnica en Anexo 10).

**clausius** Especificaciones técnicas

		H 3-15 (classic / elite)	HC 3-15 (classic / elite)	H 5-25 (classic / elite)	HC 5-25 (classic / elite)
Aplicaciones	Calefacción y ACS	X	X	X	X
	Frío pasivo		X		X
	Frío activo		X		X
Potencias (kW)	Potencia calefacción *	3 - 15	3 - 15	5 - 25	5 - 25
	Potencia refrigeración *		4 - 16.5		7 - 30
Rendimiento	COP *	4.9	4.9	5.01	5.01
	EER		6.8		6.8
Componentes	Módulo frigorífico	RU-H 3-15	RU-HC 3-15	RU-H 5-25	RU-HC 5-25
	Módulo hidráulico	HU-H	HU-HC	HU-H	HU-HC
	Acumulador ACS	Externo / Integrado (180 l)	Externo / Integrado (180 l)	Externo / Integrado (180 l)	Externo / Integrado (180 l)
Refrigerante	Tipo	R410A			
	Carga (kg)	1.5 / 1.75	1.5 / 1.75	1.8 / 2.1	1.8 / 2.1
	Presión máxima (Bar)	42			
Peso (kg)	163 / 243	174 / 254	168 / 248	179 / 259	
Dimensiones (mm)	Alto x Ancho x Largo	1020 x 600 x 800 / 900 x 600 x 800			

\* Certificado por el Austrian Institute of Technology (AIT) en Austria según norma EN14511 en condiciones 0/-3 °C y 30/35 °C.

Imagen 36. Tabla de datos técnicos de las bombas de calor Clausius obtenidos de la web oficial.

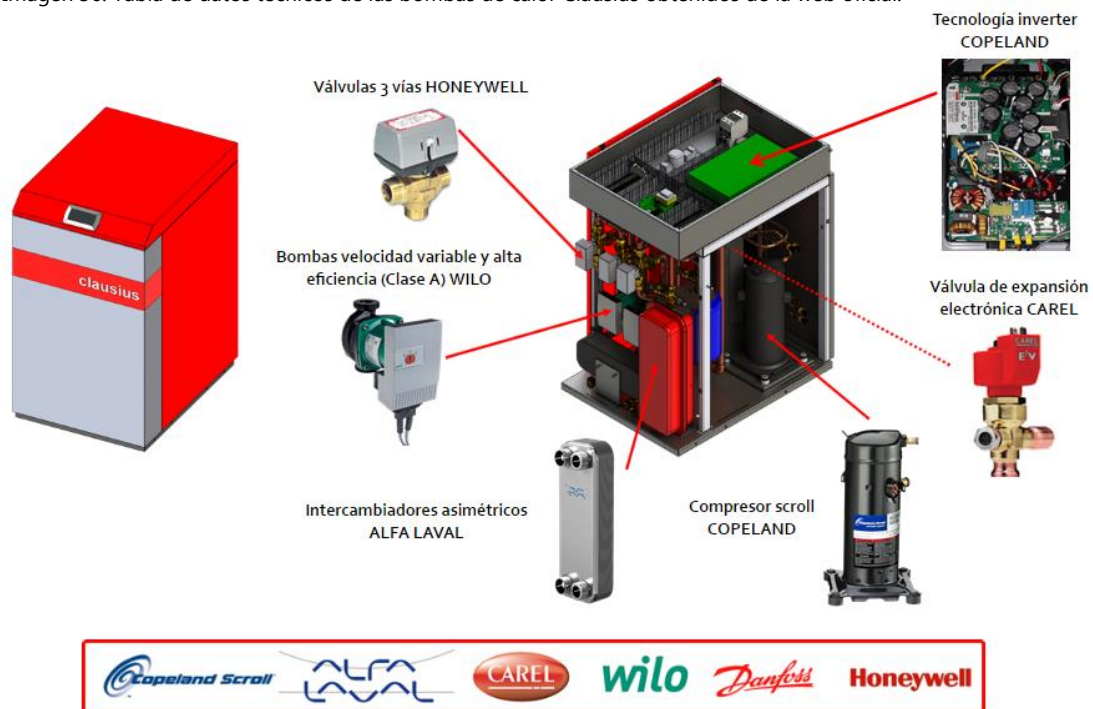


Imagen 37. Componentes de la bomba de calor Clausius obtenidos de la web oficial.

## CÁLCULO DEL NUEVO CONSUMO ELÉCTRICO.

$$W_{\text{calefacción}} = Q_{\text{calefacción}} / \text{COP}_{\text{calefacción}}$$

$$W_{\text{calefacción}} = 2708,01 / 4,90 = \mathbf{552,66 \text{ kW}}$$

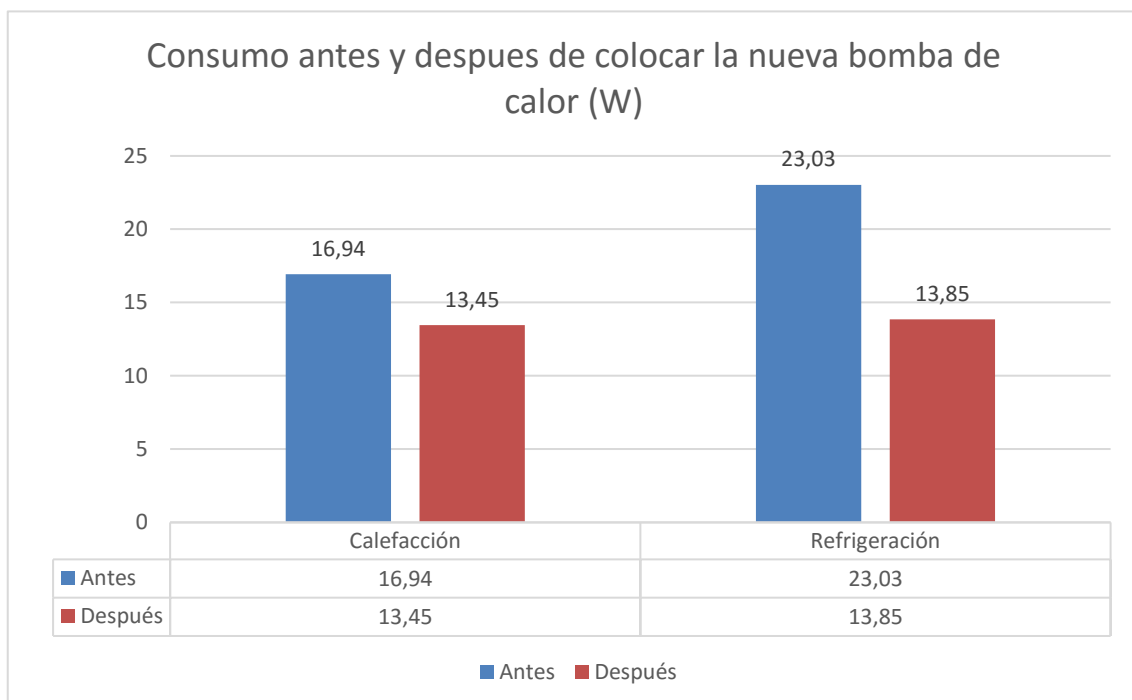
$$W_{\text{refrigeración}} = Q_{\text{refrigeración}} / \text{EER}_{\text{refrigeración}}$$

$$W_{\text{refrigeración}} = 3870,76 / 6,80 = \mathbf{569,23 \text{ kW}}$$

Para tener una idea más clara de la nueva demanda y poder así realizar una comparativa entra la actual y la propuesta, dividimos la misma por los m<sup>2</sup> obteniendo así la demanda necesaria por cada m<sup>2</sup>:

Consumo de calefacción: **552,66 kW / 41,1 m<sup>2</sup> = 13,45 kW/m<sup>2</sup>**

Consumo de refrigeración: **569,23 kW / 41,1 m<sup>2</sup> = 13,85 kW/m<sup>2</sup>**



El consumo se reduce en un **7,94 %** al instalar una nueva bomba de calor, tanto para calefacción como para refrigeración.

## PROPUESTA 2. INCORPORACIÓN DE UN RECUPERADOR DE CALOR.

Para el proyecto original se elabora un recuperador de calor que se ha explicado anteriormente, el cual consistía en unas planchas de cartón que permitían el paso del aire en dos direcciones, de modo que permitían así el traspaso de calor de un aire a otro. Pero éste no llegaba a funcionar de la manera correcta, por lo que actualmente la casa no dispone de un recuperador de calor.

Para la elección del recuperador de calor contactamos con el equipo de Zehnder al que comentamos las prestaciones que necesitamos, así como las dimensiones de la Casa Solar. Basándose en estos datos nos recomiendan el recuperador Zehnder ComfoAir 200.

Aunque pueda ser el aparato más recomendable, como debemos adecuarnos al espacio existente, las dimensiones de este recuperador son demasiado grandes, por lo que buscamos soluciones que siendo igualmente eficientes encajen mejor en la Casa Solar.

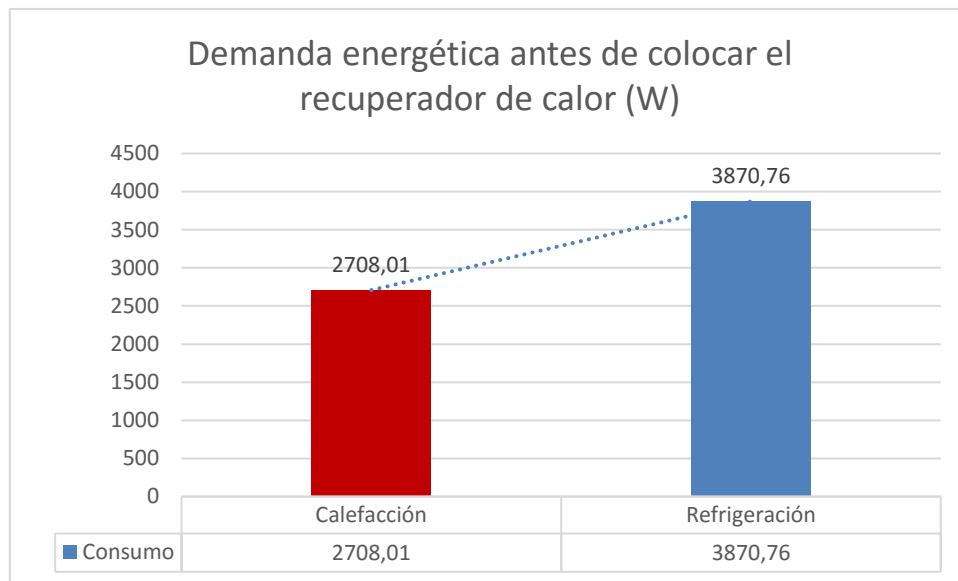
Finalmente, tras la búsqueda de otros recuperadores de calor la opción elegida es un Paul Santos 370 DC (Ver ficha técnica en anexo 10), el cual es de dimensiones menores y puede ajustarse mejor el espacio disponible en la mochila técnica. Este recuperador de calor es empleado para "passive house" por lo que la eficiencia es muy alta, siendo así posible conseguir una gran recuperación del aire interior.

El rendimiento de dicho recuperador es del 92,7% por lo que conseguiremos reducir en gran medida la demanda energética y con ella reducir el consumo eléctrico.

Como debemos conocer esa nueva demanda energética partiendo de los datos anteriores recalculamos la misma:

### GANANCIAS Y PÉRDIDAS ANTES DE LA INSTALACIÓN DEL RECUPERADOR DE CALOR:

Ganancia/perdida		VERANO (W)	%	INVIERNO(W)	%
<b>GT / PT</b>	TOTALES	3870,76	100	2708,01	100



Rendimiento = 92,7 %

Recuperación de las ganancias en verano:  $3870,76 \times 0,927 = 3588,19 \text{ W}$ .

Recuperación de las pérdidas en invierno:  $2708,01 \times 0,927 = 2510,33 \text{ W}$ .

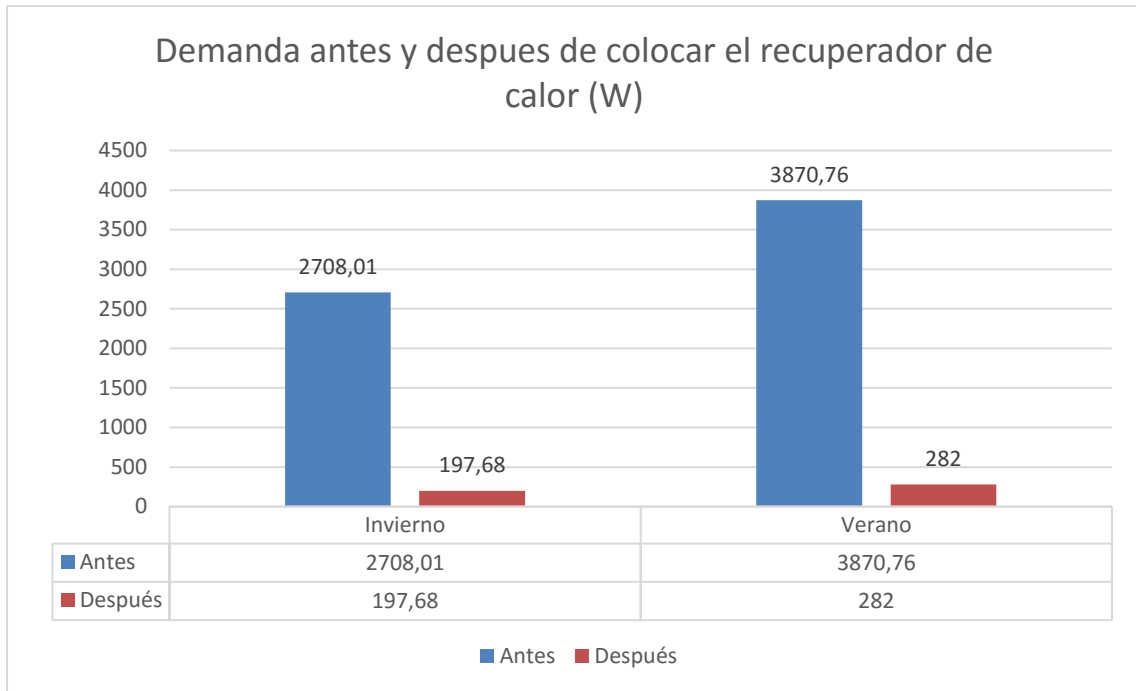
**Nueva demanda energética:**

Calefacción:  $3870,76 - 3588,19 = 282,57 \text{ W}$

Refrigeración:  $2708,01 - 2510,33 = 197,68 \text{ W}$

**GANANCIAS Y PÉRDIDAS DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN DEL RECUPERADOR DE CALOR:**

Ganancia/perdida		VERANO (W)	%	INVIERNO(W)	%
<b>GT / PT</b>	TOTALES	282,57	100	197,68	100



La demanda se reduce en un **80%** tanto para calefacción como para refrigeración, por lo que, con esta nueva demanda energética, podemos emplear una bomba de calor también de menor potencia y con ello, de menor consumo.

Estudiamos entonces la posibilidad de sustituir la bomba de calor por una nueva de menor potencia, y a su vez, estudiamos la opción de que o la bomba de calor instalada actualmente o la nueva propuesta puedan funcionar en un escalón de carga inferior, pudiendo así emplearse la misma, en el caso de que se encuentre trabajando el recuperador de calor o no.

Como primera opción buscamos bombas de calor del mismo tipo a la actual, es decir, agua-agua geotérmicas y de potencia muy baja, pero dado que la nueva demanda es muy reducida no encontramos una bomba de calor adecuada, así que buscamos otras opciones, como la posibilidad de instalar una bomba de calor aire-agua.

Entre este tipo de bombas de calor si encontramos varias posibilidades, aunque en este caso, en lugar de aprovecharse de la temperatura del agua, tomaría aire a la temperatura exterior. La bomba de calor aire-agua que se propone es una Ferroli RVW- 320.1 (Ficha técnica adjunta en Anexo 11).



Model	280.1	320.1	360.1	420.1	480.1	540.1	600.1	710.2	820.2	950.2	1100.2	1200.2	UM
Cooling capacity <sup>(1)</sup>	282	317	356	412	478	536	592	704	818	935	1066	1167	kW
Total power input <sup>(1)</sup>	59	67	75	86	100	114	125	150	172	200	228	249	kW
EER <sup>(1)</sup>	4.78	4.73	4.75	4.79	4.78	4.70	4.74	4.69	4.75	4.68	4.67	4.69	W/W
Heat capacity <sup>(2)</sup>	299	338	381	435	512	569	634	754	870	1010	1133	1253	kW
Total power input <sup>(2)</sup>	69	79	90	101	121	133	149	179	204	243	265	298	kW
COP <sup>(2)</sup>	4.30	4.25	4.23	4.33	4.25	4.29	4.24	4.20	4.26	4.16	4.27	4.21	W/W

Imagen 38. Tabla de datos técnicos de la empresa Ferroli.

Por la demanda exigida por la Casa Solar elegimos el modelo 320.1 cuyo valor del COP es de 4.25 y de EER de 4,73.

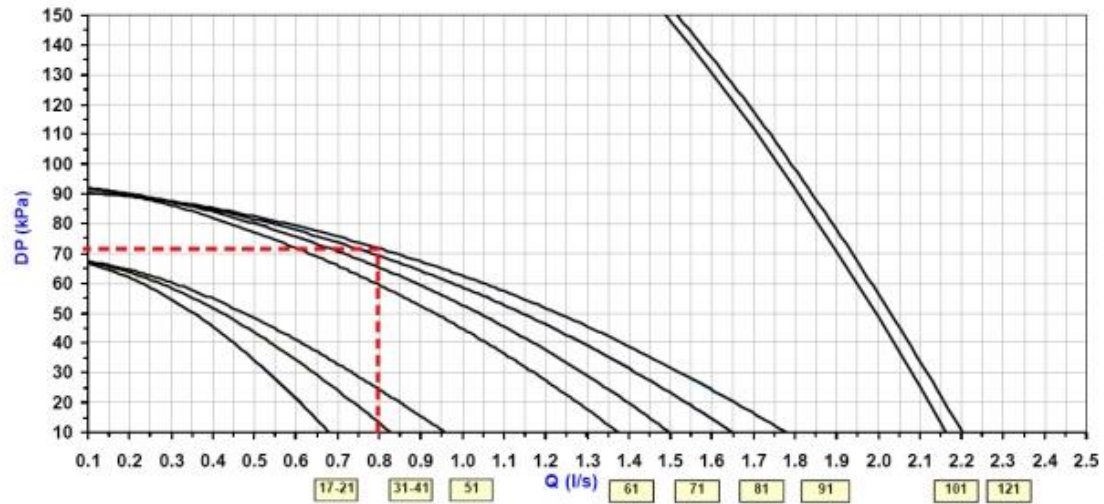
Para estudiar la posibilidad de mantener la bomba de calor actual contactamos con el equipo de BUDERUS, donde uno de los técnicos nos facilita más información sobre dicha bomba, de manera que intentamos comprobar si esta bomba puede funcionar de manera escalonada, pudiendo así, trabajar a una potencia menor cuando se incorpore el recuperador de calor.

El siguiente gráfico forma parte de la información facilitada por el equipo BUDERUS sobre la bomba de calor instalada actualmente. En él podemos observar la relación entre la pérdida de presión y el caudal, obteniendo así las curvas de presión útil de la bomba de calor actual.

**Logafix**

**Bomba de calor**

**CURVAS DE PRESIÓN ÚTIL DE LAS BOMBAS**  
CURVAS DE PRESIÓN ÚTIL DE LAS BOMBAS (1)



CIRCULADOR DEL LADO DEL USO (ESTÁNDAR)  
Q (US) = CAUDAL DEL AGUA  
DP [KPA]= PRESIÓN ÚTIL  
LAS PRESIONES ÚTILES SE REFIEREN MEDIDAS A LAS CONEXIONES DE LA UNIDAD

Imagen 39. Gráfica de las curvas de presión útil de la bomba de calor Buderus Logafix facilitada por equipo Buderus.

Dado que en la información no se nos facilita el valor del COP para cada escalón de funcionamiento de la bomba de calor suponemos que trabaja en un solo escalón de carga y que las variaciones del COP solo dependen de la temperatura de entrada y salida del fluido.

En la tabla que aparece a continuación podemos observar dichos valores del COP, los cuales dependen del incremento de temperatura que tenga que producir la bomba de calor. Cuanto menor sea el salto térmico mayor será la eficiencia de dicha bomba.

Eficiencia energética					
Instalación del lado de la fuente	Instalación del lado de uso	Funciona-miento	Temperatura de entrada del lado de la fuente	Temperatura de accionamiento del lado del uso	COP en calefacción / EER en refrigeración (media de todos los tamaños 17 – 122)
Sonda geotérmica (circuito cerrado)	Fan coil / radiadores	calefacción	0° C	50 °C	2,61
	Paneles radiantes		0° C	35 °C	4,03
Agua de capa (circuito abierto)	Paneles radiantes		10 °C	50 °C	3,45
	Fan coil / radiadores		10 °C	35 °C	5,18
Sonda geotérmica o agua de capa	Fan coil / radiadores	Refrigeración	30 °C (*)	7 °C	5,12
	Paneles radiantes		30 °C (*)	18 °C	6,51

Imagen 40. Tabla con los diferentes COP según la diferencia de temperaturas interior/ exterior facilitada por el equipo Buderus.

Comprobamos como la bomba actual sigue teniendo muy buenas prestaciones, a pesar de que la propuesta anteriormente sea la de mayor COP en el mercado a día de hoy.

Hacemos lo mismo para estudiar la posibilidad de incorporar la bomba de calor CLAUDIUS classic pero no conseguimos ponernos en contacto con el personal técnico que nos pueda facilitar información. A pesar de no tener toda la información necesaria sabemos que puede trabajar a velocidad variable, por lo que podría ser una buena alternativa.

Una vez planteadas las 3 opciones, calculamos cual sería el consumo de cada una de las bombas para elegir así la que más se ajuste a la nueva demanda energética, y que a su vez tenga un menor consumo.

Dado que no ha sido posible conocer el COP para cada escalón de potencia de las bombas de calor utilizamos el valor que tenemos dado por las tablas de características técnicas, aunque sabemos que los valores reales serán ligeramente diferentes.

1. Bomba de calor Buderus Logafix:

$$W_{\text{calefacción}} = Q_{\text{calefacción}} / COP_{\text{calefacción}}$$

$$W_{\text{calefacción}} = 197,68 / 3,89 = \mathbf{50,82 \text{ kW}}$$

$$W_{\text{refrigeración}} = Q_{\text{refrigeración}} / \text{EER}_{\text{refrigeración}}$$

$$W_{\text{refrigeración}} = 282 / 4,09 = \mathbf{68,95 \text{ kW}}$$

2. Bomba de calor Clausius Classic:

$$W_{\text{calefacción}} = 197,68 / 4,90 = \mathbf{40,34 \text{ kW}}$$

$$W_{\text{refrigeración}} = 282 / 6,80 = \mathbf{41,47 \text{ kW}}$$

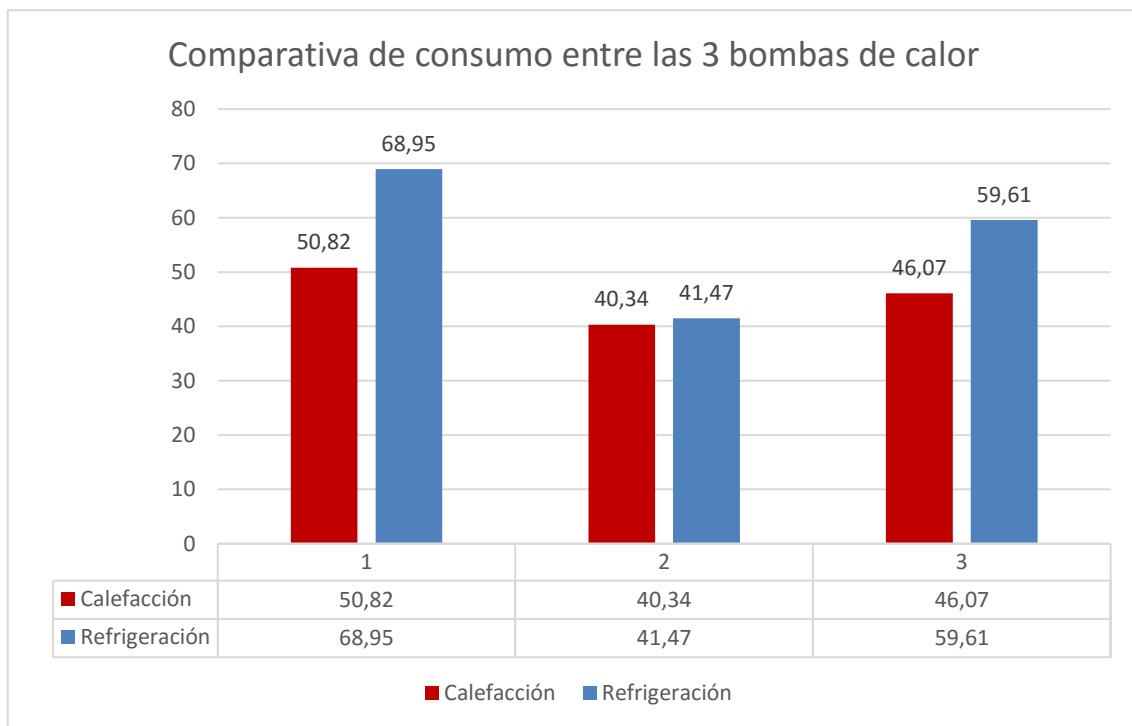
3. Bomba de calor aire-agua Ferroli RVW-320.1:

$$W_{\text{calefacción}} = 197,68 / 4,29 = \mathbf{46,07 \text{ kW}}$$

$$W_{\text{refrigeración}} = 282 / 4,73 = \mathbf{59,61 \text{ kW}}$$

Finalmente, teniendo en cuenta las tres posibilidades, llegamos a la conclusión de que la mejor solución sería la sustitución de la bomba actual por la nueva propuesta en el primer apartado, la CLAUSIUS classic, dado que el consumo sería menor y a largo plazo conseguiríamos una mayor eficiencia y ahorro energético. Además de poder permitir mantener la instalación diseñada inicialmente.

En el gráfico que se expone a continuación se representa la comparativa entre las tres bombas de calor:



## ESTUDIO DE INCORPORACIÓN DE ALJIBE DE INCENDIOS SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN.

Cuando se realiza el montaje de nuevo de la casa solar en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid se realizan ciertos cambios en la instalación de climatización, como es, que no se construyan los estanques Norte y Sur de los que se hablaba anteriormente y que funcionaban de manera similar a la hidrotermia.

En la gráfica que se expone a continuación podemos observar la variación de la temperatura entre un punto al aire libre y otro subterráneo a lo largo de un mismo periodo de tiempo. Como podemos ver en el punto exterior las variaciones de temperatura son mucho mayores, esto influye en el trabajo que tiene que realizar la bomba de calor, siendo éste mayor al haber mayor variación de temperatura.

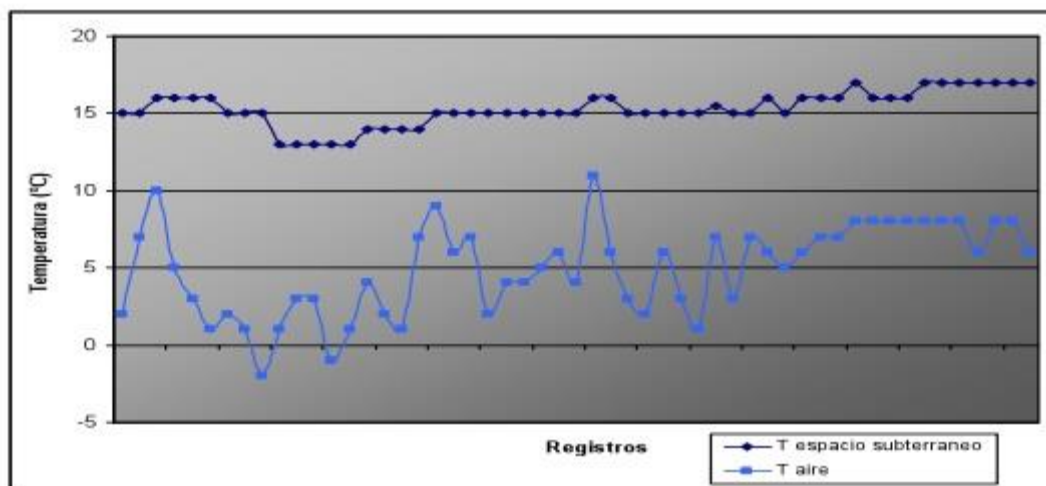


Imagen 41. Gráficos de temperatura de la tierra en un espacio subterráneo y uno al aire libre.

Dado que no contamos con estos estanques se busca una solución alternativa para que se cumpla la función de los mismos, y se recurre entonces al aljibe de incendios de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura.

Para conocer la incorporación de este aljibe a la instalación de la Casa Solar y estudiar el funcionamiento de la misma recurrimos a Ramón Alaejos, encargado de mantenimiento de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura, que nos muestra toda la instalación y nos facilita datos como las dimensiones y el volumen del aljibe.

El aljibe tiene una capacidad de  $24\text{m}^3$ , sus dimensiones son  $4 \times 3 \times 2 \text{ m}^3$  en el siguiente esquema se representa cuál es su localización, así como por donde discurren las conducciones.

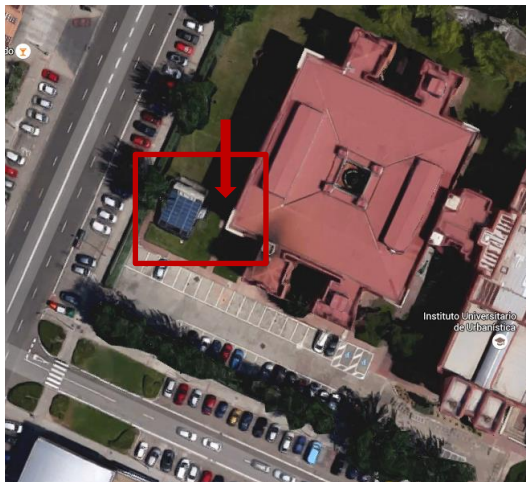


Imagen 42. Ubicación del aljibe de incendios respecto a la Casa Solar y la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid.

En la imagen superior podemos observar el aljibe de incendios de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura, en color rojo vemos la red de IDA que llega de la casa solar y en color negro desde la parte inferior del depósito el RETORNO que vuelve a la casa solar.

En el esquema que se encuentra a continuación podemos observar la conexión de la bomba de calor con el aljibe de incendios a través de una canalización que se señala en color

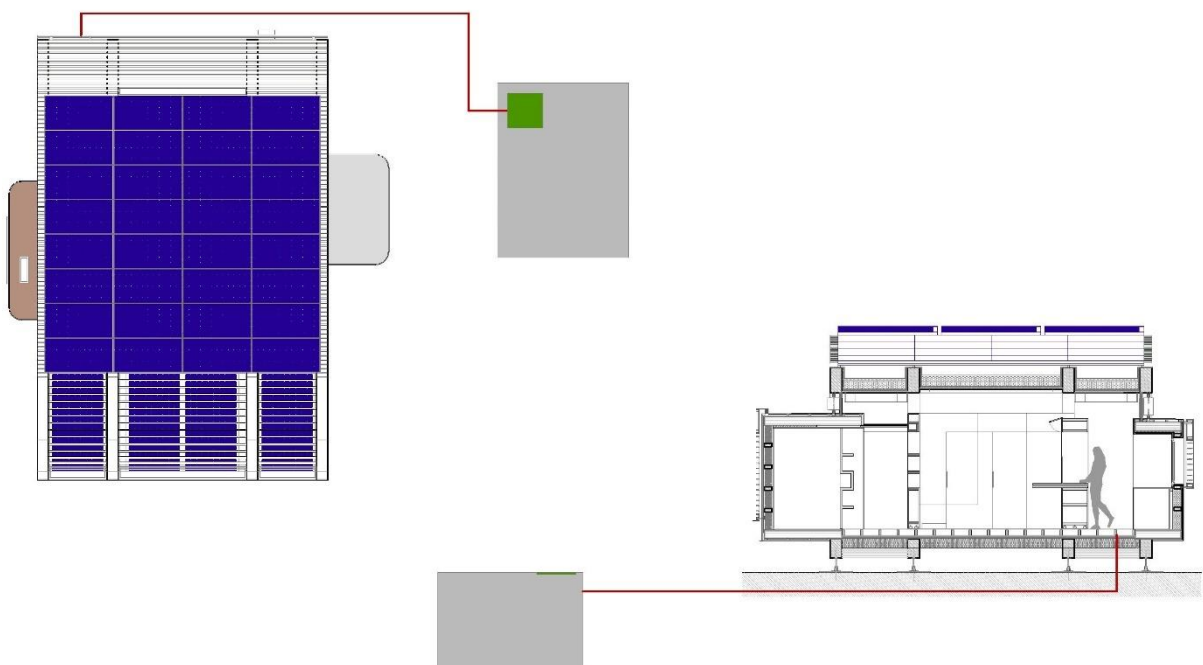


Imagen 43. Esquemas de aljibe de incendios conectado a la casa solar.

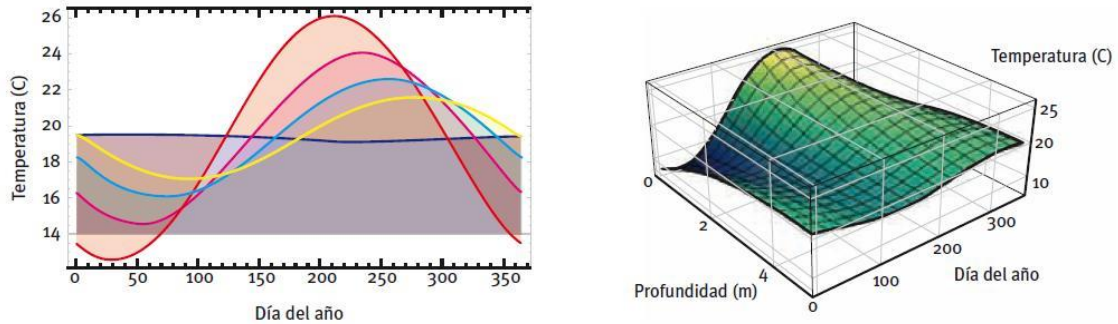


Imagen 44. Variación de la temperatura de la tierra en función de la profundidad a lo largo de un año.

Para conocer cuál es la temperatura a la que se encuentra esta agua buscamos diversos estudios que nos faciliten este dato.

Este aljibe se encuentra siempre a una temperatura aproximada de 15°C por lo que facilita el ahorro de energía de la bomba de calor.

El funcionamiento del sistema es el siguiente; en el aljibe se incorpora una conducción (IDA) en la parte inferior de manera que al llegar el agua del interior de la vivienda a una temperatura de 23°C y el agua del aljibe estar a 15°C el salto de temperatura es menor por lo que la bomba no necesita trabajar tanto y a su vez se produce un ahorro del consumo eléctrico. De la misma manera ocurre con el agua que entra al interior de la vivienda a través de la conducción (RETORNO) que se encuentra en la parte superior.

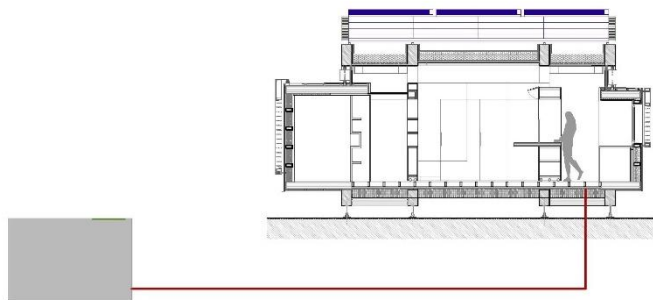


Imagen 45. Esquema de IDA.

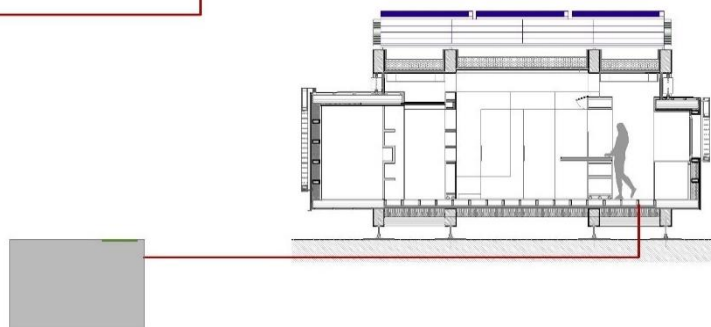


Imagen 46. Esquema de RETORNO.

Este sistema también puede utilizarse con la propuesta de bomba de calor del anterior apartado, de manera que unimos por un lado la eficiencia más alta de la bomba y el ahorro del consumo conseguido por el menor salto térmico entre la temperatura del fluido de la ida y el retorno.

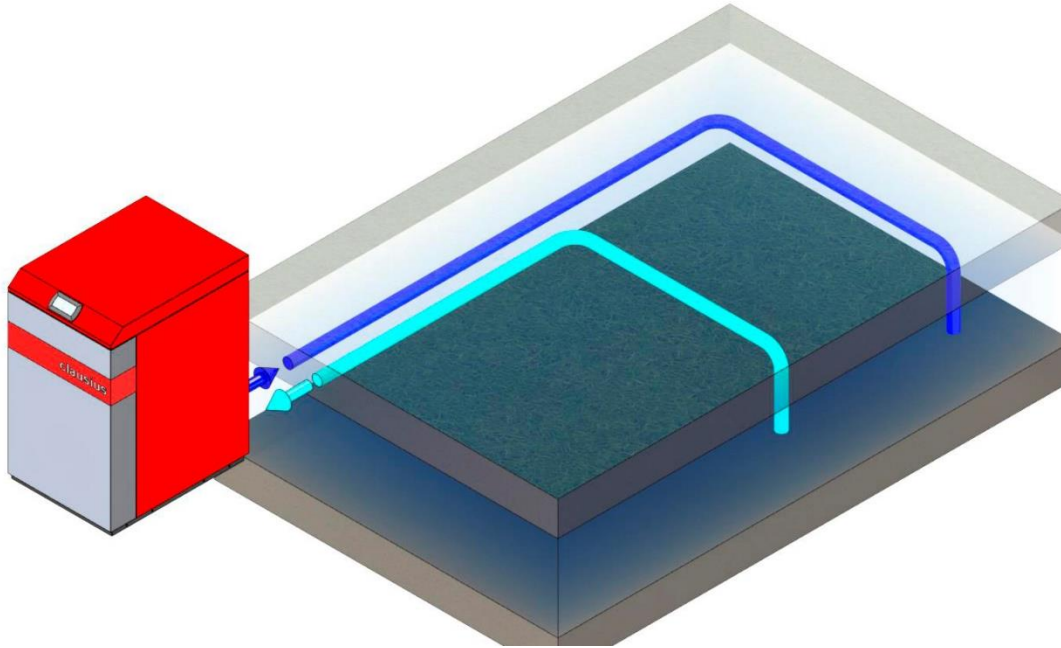


Imagen 47. Esquema de las canalizaciones que conectan el aljibe hasta y la bomba de calor.

## SISTEMAS ALTERNATIVOS DE CLIMATIZACIÓN.

Además de los sistemas anteriores realizamos una breve investigación sobre nuevos sistemas que se están empezando a incorporar como sistemas de climatización alternativos, entre ellos destacamos los siguientes:

### SUELO RADIANTE/TECHO REFRESCANTE.

En la investigación realizada se han encontrado tanto soluciones para suelo refrigerante con techo radiante como para suelo radiante con techo refrigerante, pero nosotros nos hemos centrado más en la combinación de suelo radiante con techo refrigerante por un motivo importante: el suelo refrigerante puede acarrear problemas de condensaciones ya que como se ha demostrado el aire en la capa inferior del solado genera fácilmente condensaciones y estas no pueden suprimirse mediante la convección.

#### SUELO RADIANTE.

En el suelo radiante el agua circula por una red de conductos embebidos en bajo el acabado del suelo a una temperatura de entre 35-40°C.

El suelo radiante está pensado para locales o espacios de baja carga latente por lo que para una vivienda de estas dimensiones también podría ser una alternativa también resulta recomendable en locales de altura importante ya que proporciona climatización en el volumen ocupado por el usuario.

#### TECHO REFRESCANTE.

El sistema consiste en introducir corrientes de aire frío para que mezcladas con las de aire caliente del interior se descienda la temperatura ambiente. Este aire es introducido al interior del espacio mediante ventiladores. Estas corrientes deben de ser muy suaves para de esta manera aumentar el confort interior.

Este proceso sería el conseguido mediante tramas radiantes apareciendo ahora como nuevo concepto las tramas radiantes refrescantes, siendo más común su empleo en suelos pero que también pueden ser empleados en techos, llamándose estos techos radiantes refrescantes.

Estas tramas refrescantes no funcionan con chorro de aire, sino que funcionan mediante convección natural gracias a la gran superficie que ocupa un techo respecto al resto del espacio. Como la superficie de transmisión de calor es amplia



las temperaturas del circuito de refrigeración son más bajas ayudando al confort térmico.

Aunque al describirlo así el proceso de refrigeración por techo puede parecer igual al de suelo no es así, como es sabido el aire frío pesa más que el caliente por lo que tiende a bajar y ocupar el espacio del aire caliente que hay en un habitáculo, haciendo así que caliente menos pesado tienda a subir.

Si suponemos una situación en la que se planteen de manera contraria, es decir, suelo refrescante y techo radiante e aire frío tendería a quedarse abajo y el aire caliente tendería a quedarse arriba por lo que no se produciría tanta convección y disminuye el confort del aire interior, siendo en este caso la sensación térmica de refrigeración menor.

Es importante controlar la humedad del ambiente para evitar que se produzcan condensaciones que puedan disminuir el confort.

## DISPOSITIVOS DE SOMBREADO PARA LOS LUCERNARIOS.

Dado que la cubierta cuenta con dos pequeños lucernarios una solución para evitar que en los meses de verano se caliente más el aire del interior sería buscar un sistema de sombreado para los mismos, consiguiendo a su vez un ahorro energético debido a la necesidad de enfriar menos el aire.

Al igual que en verano se podrían cubrir para evitar ese calentamiento extra, en invierno sería conveniente aprovechar esa radiación solar para calentar el aire interior y reducir el gasto en el sistema de calefacción.



## RESUMEN Y CONCLUSIONES.

*“Conseguir las condiciones de confort deseables en cualquier espacio ocupado por personas y, en su caso, equipos o bienes delicados, lleva consigo combatir las cargas térmicas recibidas (exterior) o generadas (interior) en el mismo, y, asimismo, controlar la humedad y la calidad del aire dentro de los márgenes aceptables y reglamentarios”.*

*José M<sup>a</sup> Ibáñez, responsable del área de Proyectos de la Ingeniería Técnica en Diseño Industrial (ETDI) en Elisava.*

Desde siempre, el ser humano ha necesitado de diversas fuentes de energía para poder sobrevivir, utilizándose ya desde la prehistoria como fuentes de energía, el sol, el viento y el agua. Además de las mejoras en la vida a través del empleo de fuentes de energía, siempre se ha buscado mejorar las condiciones de confort del interior de las viviendas empezando a emplearse diversos sistemas de climatización y ventilación.

Para comenzar un proyecto de climatización tenemos en cuenta dos puntos: por un lado, la climatización “pasiva” que se consigue teniendo en cuenta parámetros como la orientación, el aislamiento térmico de los cerramientos y el control de la radiación solar. Y, por otro lado, se encontraría la climatización denominada “activa” que se basa en el empleo de diferentes aparatos e instalaciones adecuadas a cada proyecto concreto.

En la Casa Solar de la ETSAV se parte ya de unas características que facilitan la que hemos denominado climatización “pasiva” gracias a la elaboración de una envolvente que se basa en los principios de respiración, captación, circulación y protección y gracias también al empleo de materiales de construcción como el aislamiento de lana de oveja, con el cual se consigue reducir la transmisión de calor a través de las fachadas.

Además, en toda la elaboración del prototipo se tienen en cuenta condiciones de reducción del consumo y mayor aprovechamiento de las fuentes naturales, consiguiendo de esta manera alcanzar las condiciones de confort con una mayor eficiencia energética.

Se idea también por el equipo Urcomante, un conjunto de elementos de gran innovación para la adecuación del aire interior, como son: un enfriador evaporativo denominado por el equipo Urcomante, Botijo, un panel térmico que facilita el calentamiento natural del aire a través de unos captadores solares, un recuperador de calor a base de planchas de cartón y, además, la bomba de calor que se conecta a dos estanques, uno Norte y otro Sur que sirven de simulación geotérmica.

Con todos estos elementos innovadores se consigue tratar el aire llegando a las condiciones adecuadas de temperatura y humedad, consiguiendo así cubrir la demanda energética de la Casa Solar, a la vez que se mejora la eficiencia energética incluyendo una reducción del consumo eléctrico.

Gracias a la envolvente, que por su forma ovalada permite la circulación del aire, ayudada además por las diferencias de temperatura que facilitan su movimiento, y al conjunto de aparatos de la instalación que varían su funcionamiento según la época del año, se consiguen las condiciones adecuadas en el aire del interior de la vivienda, siendo en todo el año la mejor situación la de verano debido a la ubicación del denominado botijo.

A pesar de las buenas características de la casa solar, como el proyecto fue elaborado para el Solar Decathlon de 2010, la investigación sobre este tipo de viviendas ha ido evolucionando considerablemente, debido a la necesidad de viviendas que consuman menos y que se comporten mejor con el medio ambiente. Por ello, una vez conocida la instalación actual y el funcionamiento de la misma y dado que tras el concurso se cambia la ubicación de la Casa Solar, se realiza un estudio en el que se recalcula la demanda energética, obteniéndose unos resultados ligeramente diferentes a los obtenidos por el equipo Urcomante. Esta diferencia de resultados se debe principalmente a la ubicación, ya que influirá en la radiación solar que reciba cada fachada y con ellas también la temperatura que se podría ceder al aire interior.

Tras el análisis de toda la instalación, observamos unos puntos sobre los que se puede actuar para optimizar el generador energético de la Casa Solar, estudiándose las diversas posibilidades de mejora.

Las propuestas de mejora parten del estudio de los nuevos sistemas de bombas de calor, buscando reducir el consumo energético de la Casa Solar a través de la instalación de una nueva bomba de calor con los mayores COP y EER que en la actualidad se encuentran en el mercado, como es la Clausius Classic.

Otra de las mejoras que se estudian consiste en la incorporación de un recuperador de calor, ya que el instalado originalmente no funciona de la manera adecuada. Con esta nueva incorporación se reduce de manera muy considerable la demanda energética, por lo que se consigue un gran ahorro y a largo plazo sería la mejora más recomendable para la Casa Solar, unida también a la sustitución de la bomba de calor.

Tras el planteamiento de las diversas alternativas podemos obtener varias conclusiones:

1. Tanto la instalación actual como la nueva instalación propuesta son capaces de cubrir la demanda energética calculada, aunque el consumo de la actual podría verse reducido con ligeras mejoras.
2. Las nuevas bombas de calor con mayores COP y EER tienen un mayor rendimiento que favorece el ahorro energético y ayudan a la autosuficiencia de la Casa Solar.
3. La instalación del recuperador de calor es, sin duda, el sistema con el que mayor ahorro se consigue. La disminución de la demanda puede tener valores que rondan el 80% de reducción sobre la demanda original, permitiendo así la alternativa de instalar una bomba de calor de menor potencia que la instalada actualmente.
4. La conexión de la bomba de calor con el aljibe de incendios de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura sirve de ahorro energético, al evitar que la bomba necesite trabajar más para compensar el salto térmico entre el interior y el exterior.

Arquitectura no es sólo la búsqueda de un proyecto funcional con una estética impecable, sino que también es el conseguir unas condiciones de comodidad, confort o bienestar para los usuarios que disfrutan de los espacios habitables, cuidando a la vez en la mayor medida posible el medio ambiente.

*"La arquitectura está más allá de los hechos utilitarios. La arquitectura es un hecho plástico. (...) La arquitectura es el juego sabio, correcto, magnífico de los volúmenes bajo la luz. (...) Su significado y su tarea no es sólo reflejar la construcción y absorber una función, si por función se entiende la de la utilidad pura y simple, la del confort y la elegancia práctica. La arquitectura es arte en su sentido más elevado, es orden matemático, es teoría pura, armonía completa gracias a la exacta proporción de todas las relaciones: ésta es la "función" de la arquitectura".*

*Vers une architecture, 1923. Le Corbusier.*

*"Las instalaciones de Calefacción y Refrigeración son las principales de una vivienda, ya que serán las que nos den la sensación de bienestar y confort en el interior de un habitáculo".*

## BIBLIOGRAFÍA.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

\_ FEIJÓ MUÑOZ, Jesús,  
Instalaciones de Climatización en la Arquitectura,  
Secretariado de Publicaciones, Universidad de Valladolid, Salamanca, España, 2000.

\_FRANÇOISE-HÉLÈNE, Jourda,  
Pequeño manual del proyecto Sostenible,  
Gustavo Gili,

\_UNIVERSIDAD DE VALLADOLID, 2010.  
Dossier Urcomante. Memoria de proyecto de ejecución.

\_Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación DTIE,  
Cálculo de Cargas Térmicas DTIE 7.05  
Atecyr 2011

## REFERENCIAS WEB.

<http://www.interseccion.es/sistemas-de-calefaccion-para-una-casa/>

<http://urcomantehouse.blogspot.com.es/search?updated-max=2010-03-30T16:15:00-07:00&max-results=7>

<http://www.upv.es/entidades/DTRA/infoweb/dtra/info/U0673147.pdf>

<http://www.fenercom.com/pages/pdf/informacion/formacion/Sistemas-de-Climatizacion.pdf>

[https://es.wikipedia.org/wiki/Climatizaci%C3%B3n#Condicionantes\\_de\\_la\\_Climatizaci.C3.B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Climatizaci%C3%B3n#Condicionantes_de_la_Climatizaci.C3.B3n)

[http://madrid.buscamix.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=32&Itemid=68](http://madrid.buscamix.com/index.php?option=com_content&task=view&id=32&Itemid=68)

<http://www.clickrenovables.com/blog/paneles-solares-termicos-por-aire-para-deshumidificacion-y-ahorro-en-calefaccion/>

<http://www.airzone.es/breve-historia-de-la-climatizacion/>

[http://www.panelex.com.co/portal/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=44&Itemid=33&lang=es](http://www.panelex.com.co/portal/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=44&Itemid=33&lang=es)

<http://www.rubner.com/es/materia-prima-madera/ventajas-de-las-construcciones-de-madera/33-0.html>

<http://www.recuperadoresdecalor.es/1/que-es-un-recuperador>

<http://www.caloryfrio.com/calefaccion/suelo-radiante/calefaccion-radiante-de-bajo-consumo-mediante-infrarrojos-evoheat.html>

<http://www.farodevigo.es/portada-pontevedra/2010/06/25/diez-anos-edificios-produciran-energia-consuman/450776.html>

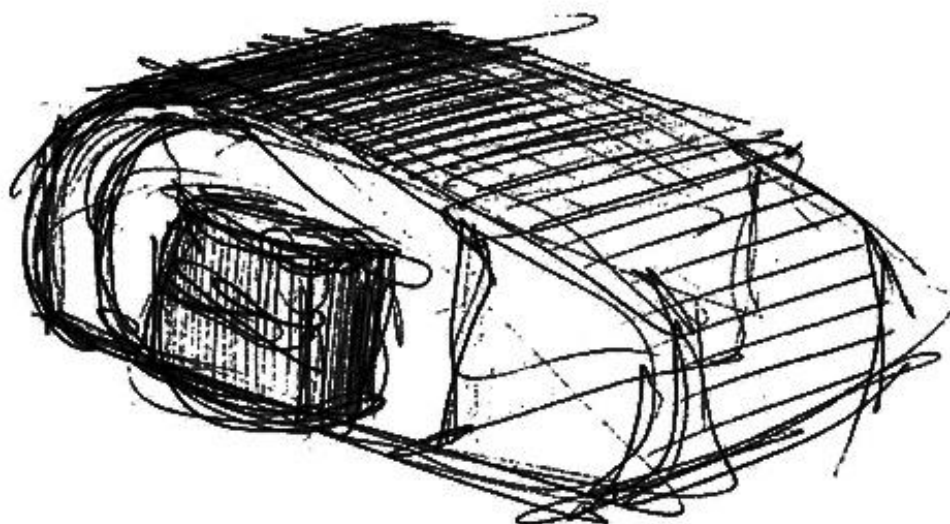
<http://blog.greendok.com/los-techos-refrescantes/>

<http://geotermiaavanzada.blogspot.com.es/2013/08/evolucion-de-la-temperatura-con-la.html>

<http://www.arqhys.com/arquitectura/arquitectura-ingenieria-climatizacion.html>

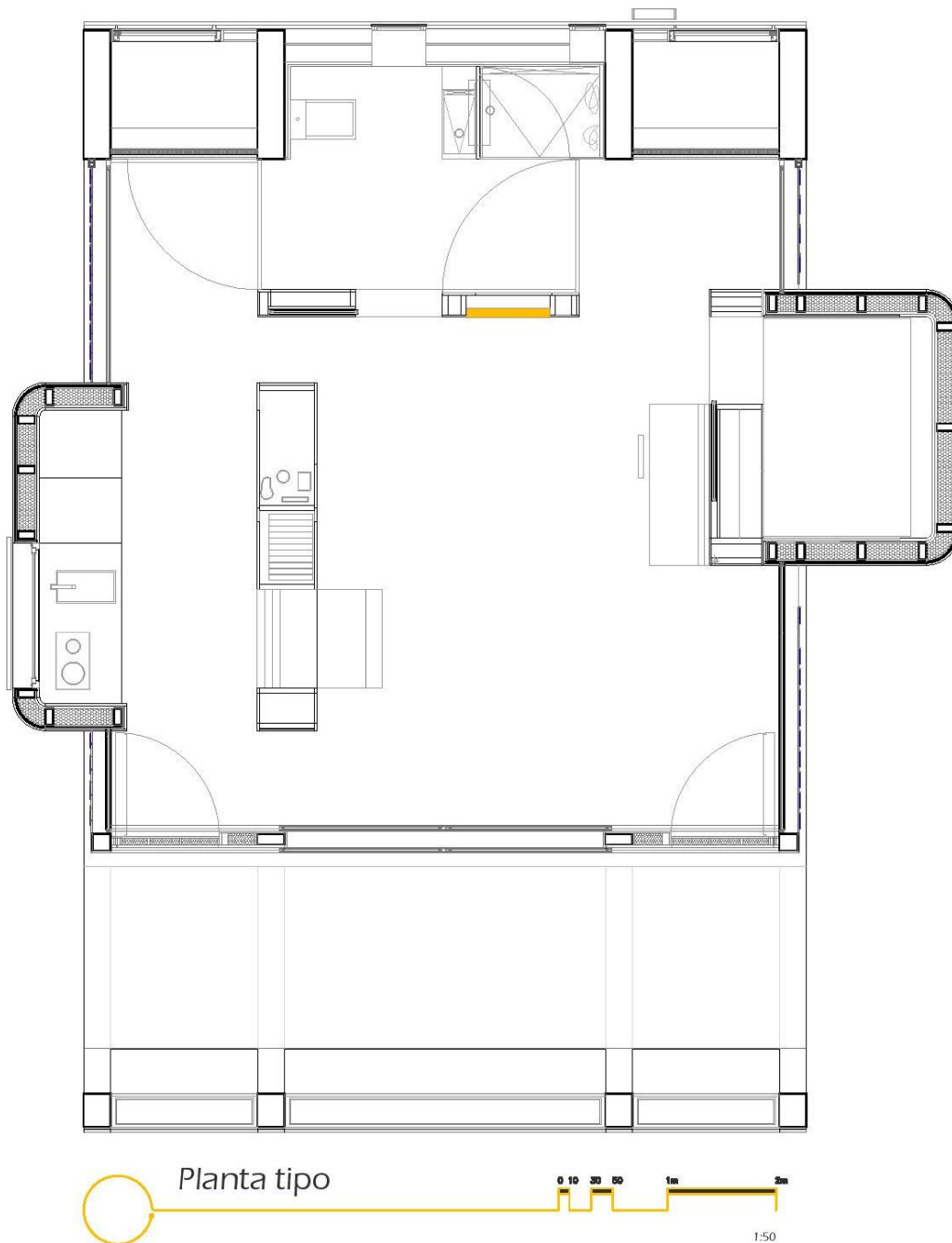


# ANEXOS

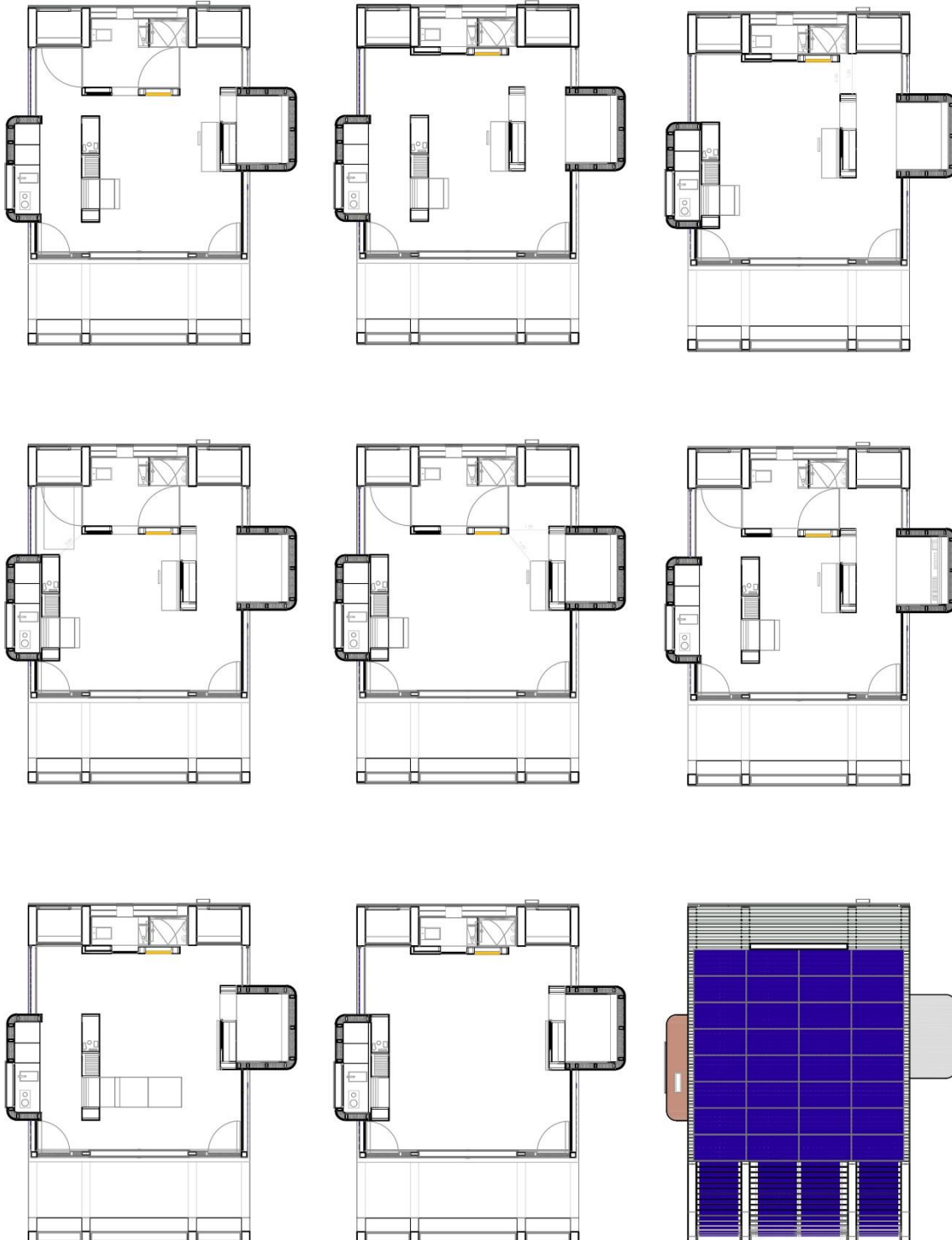




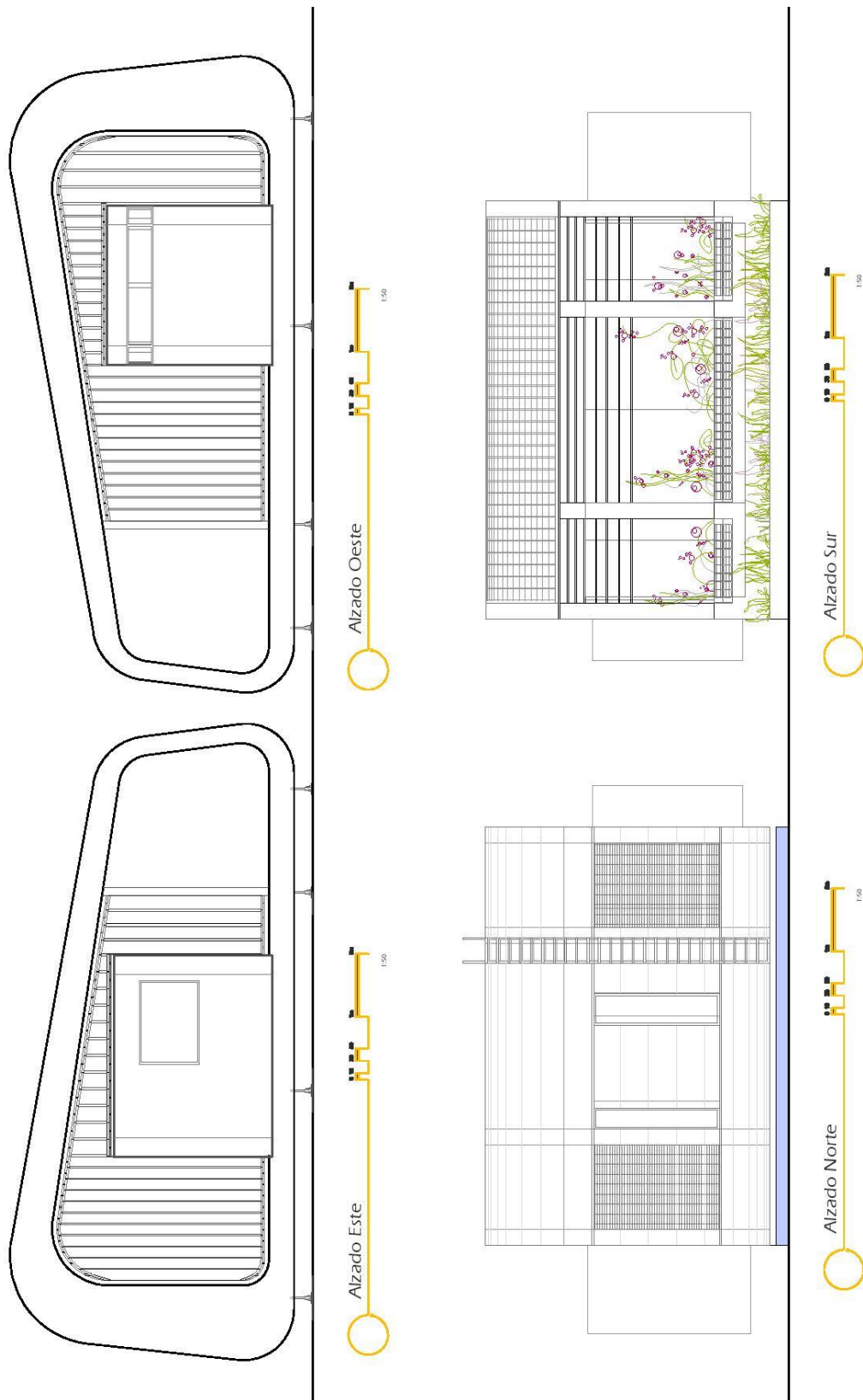
## ANEXO 1. PLANTA PRINCIPAL DE LA CASA SOLAR.



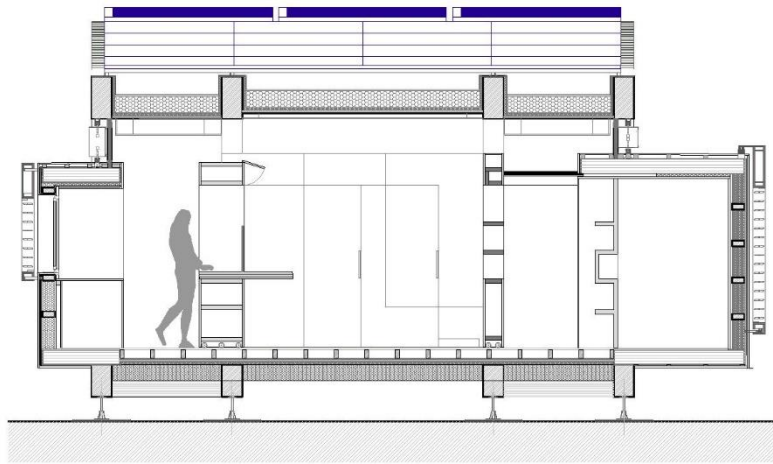
## ANEXO 2. DIFERENTES POSICIONES ESPACIO MULTIFUNCIONAL.



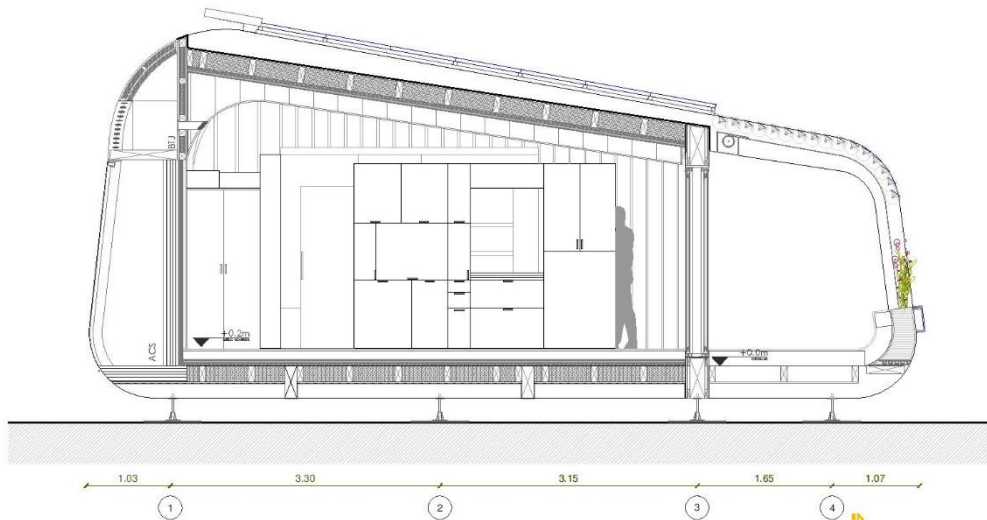
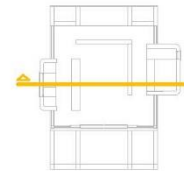
### ANEXO 3. ALZADOS DE LA CASA SOLAR.



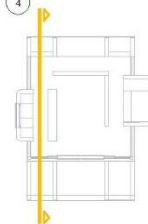
## ANEXO 4. SECCIONES DE LA CASA SOLAR.



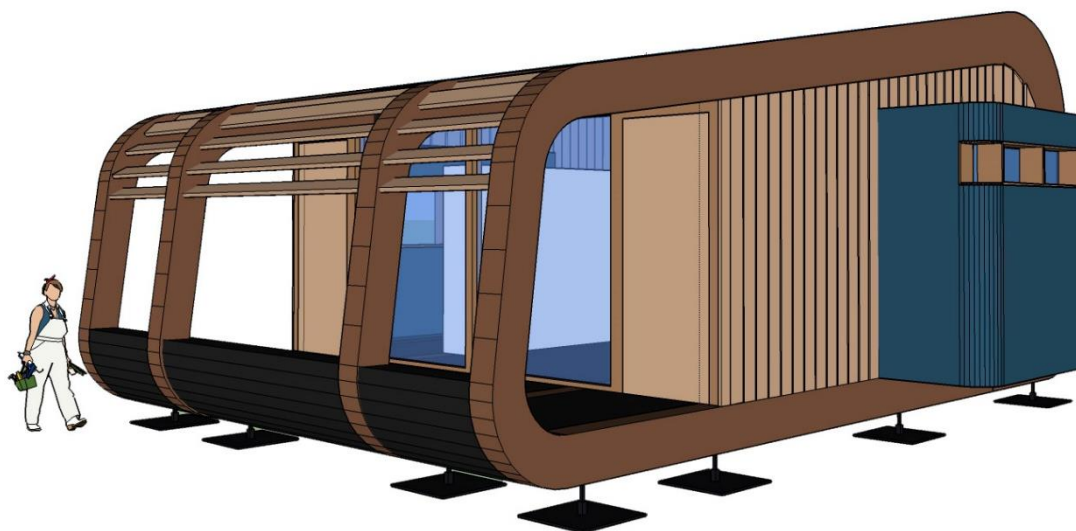
1 Sección transversal  
AR-201 Cross Section  
1:50



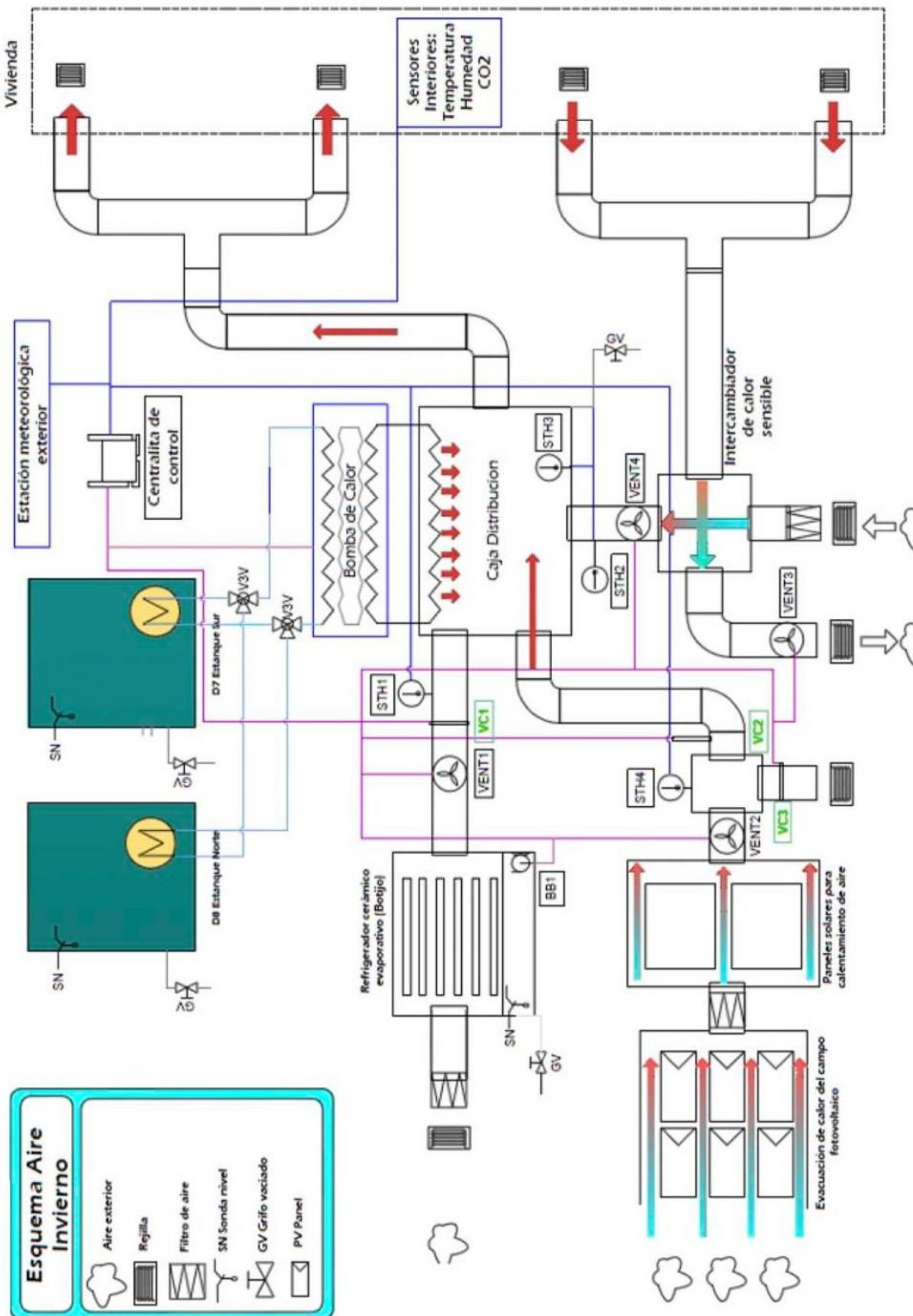
1 Sección longitudinal  
AR-201 Longitudinal section  
1:50



## ANEXO 5. VOLUMETRÍA DE LA CASA SOLAR.

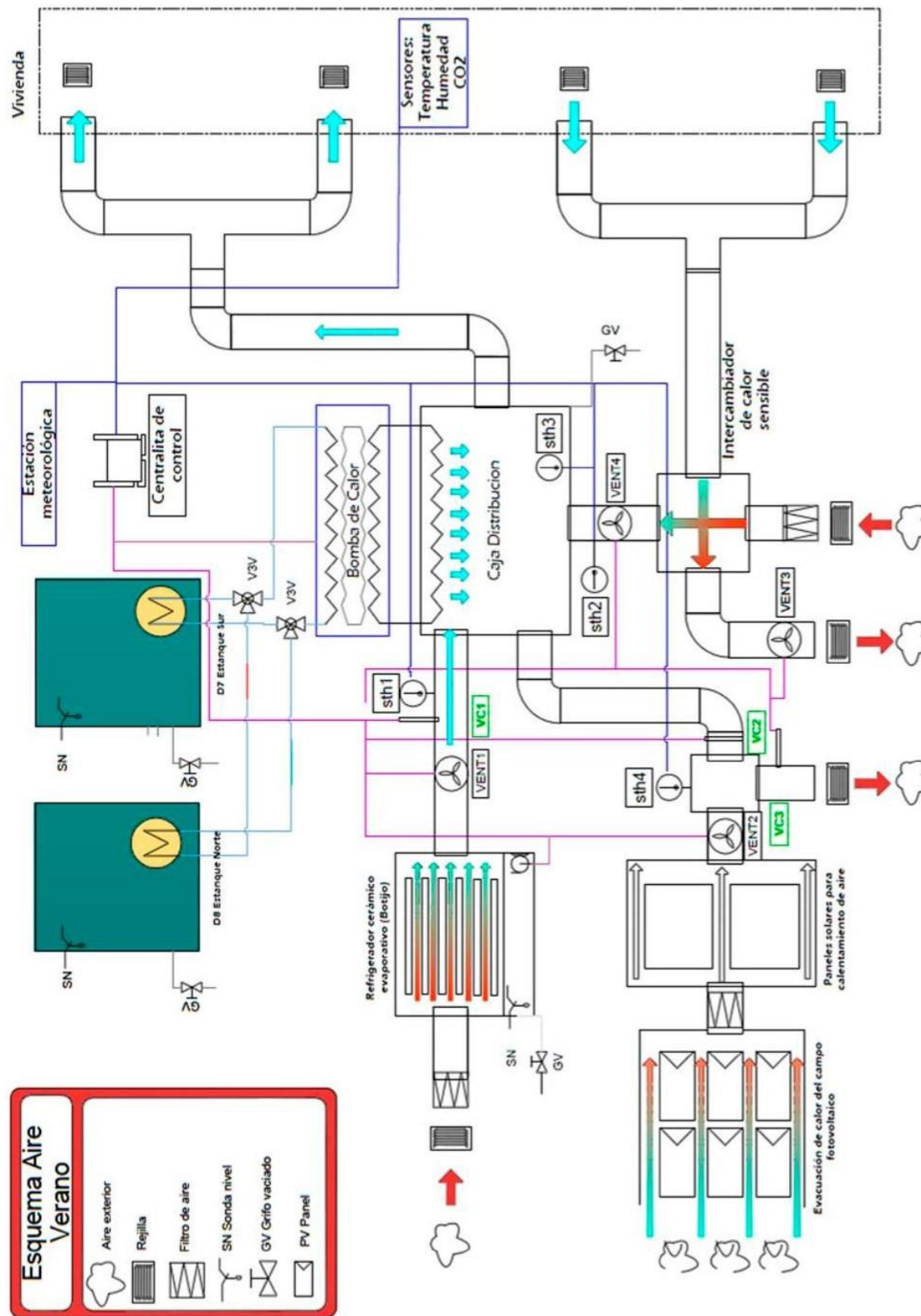


## ANEXO 6. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA CLIMATIZACIÓN EN INVIERNO DE LA CASA SOLAR.

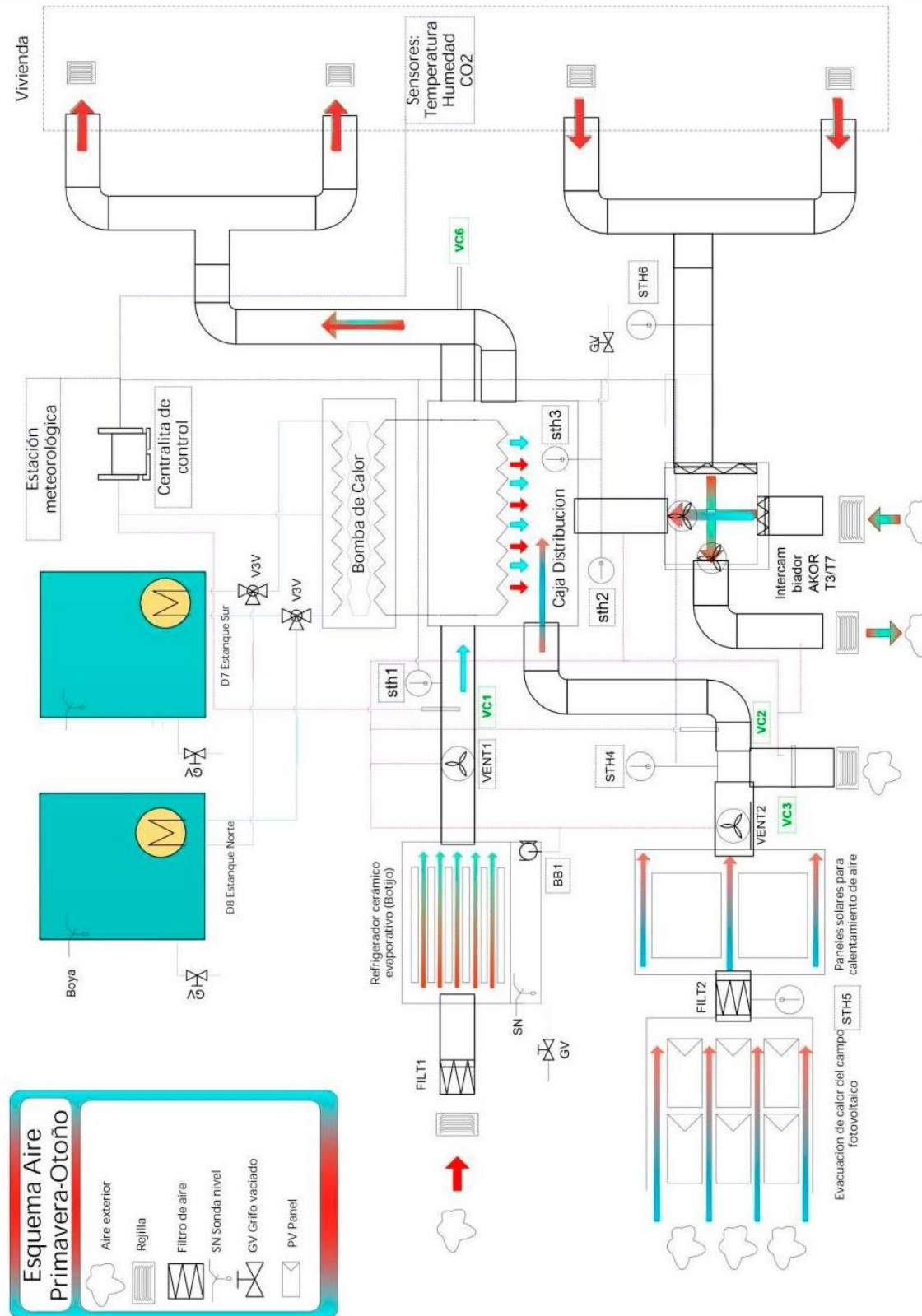




## ANEXO 7. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA CLIMATIZACIÓN EN VERANO DE LA CASA SOLAR.



## ANEXO 8. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA CLIMATIZACIÓN EN PRIMAVERA/OTOÑO DE LA CASA SOLAR.



# ANEXO 9. FICHA TÉCNICA BOMBA DE CALOR ACUAL BUDERUS LOGAFIX.

Logafix WRHP- Top con refrigerante R410A. **LOGAFIX WRHP TOP**

*Logafix WRHP- Top con refrigerante R410A  
Condensados por agua para climatizar (frío y calor) y producir agua caliente sanitaria.  
Potencias 6,58 a 39.3 kW.*




- Climatiza por medio de unidades terminales (fan coils) o directamente a un sistema (Suelo radiante/refrescante).
- La producción de agua caliente se realiza mediante un acumulador.
- Diseñada para funcionar con diferentes sistemas geotérmicos (circuitos cerrados horizontales, verticales y circuito abierto directamente con agua)
- Bajos consumos de energía. Puede llegar a alcanzar COP de 5,4 y EER de 6,2, dependiendo del tipo de instalación.
- Autorregulación, ajusta la frecuencia de On/Off y elimina los ciclos de funcionamiento muy cortos, buscando el mejor equilibrio entre la potencia solicitada y entregada.
- Gracias a la autorregulación de la bomba de calor, el volumen de agua necesario en la instalación es mínimo, en la mayoría de los casos no se requiere acumulador de inercia.
- Equipos compactos, diseñados para instalaciones en interiores.
- Silenciosos, bajos niveles de presión sonora, menores a los 53 dB(A).
- Gestión centralizada por ordenador (opcional).
- Teclado de usuario de serie.
- Incluye válvula de 3 vas de serie para producción de ACS.
- Incluye el módulo hidráulico del lado de uso de serie.
- Incluye el módulo hidráulico del lado de la fuente de serie.
- Incluye filtros de agua del lado de uso y de la fuente.

**LOGAFIX WRHP TOP**

Bomba de calor reversible Agua/Agua	Modelo	Potencia (kW) Frio/Calor	Alimentación eléctrica	EER	COP	Peso (kg)	Longitud (mm)	Profundidad (mm)	Altura (mm)	Referencias	Precios (€)
<b>LOGAFIX WRHP TOP</b>	Logafix WRHP 6/8-T	5,97/6,58	230/1/50	4,09	3,89	79	402	602	785	7748000448	7150
	Logafix WRHP 7/8-T	6,4/7,17	230/1/50	4	3,88	81	402	602	785	7748000449	7200
	Logafix WRHP 9/10-T	7,82/8,9	230/1/50	4,07	3,72	84	402	602	785	7748000450	7350
	Logafix WRHP 12/13-T	10,4/11,6	400/3/50	4,37	3,92	88	402	602	785	7748000451	7450
	Logafix WRHP 16/17-T	13,1/15,7	400/3/50	4,13	4,13	96	402	602	785	7748000452	8100
	Logafix WRHP 19/21-T	16,1/19,1	400/3/50	4,17	4,2	112	573	604	858	7748000453	8500
	Logafix WRHP 24/26-T	20/23,6	400/3/50	4,22	4,14	126	573	604	858	7748000454	8950
	Logafix WRHP 26/29-T	22,1/25,3	400/3/50w	4,6	4,04	143	573	604	858	7748000455	9650
	Logafix WRHP 31/33-T	25,6/29,5	400/3/50	4,41	4,18	159	573	604	858	7748000456	10000

Temperatura del agua en el intercambiador de calor interior (12/7°C); temperatura del agua de salida en el intercambiador de calor exterior (30/35°C). Agua de entrada al intercambiador de calor exterior (10°C), temperatura del agua en el intercambiador de calor interior (40/45°C). Temperatura máxima de operación 60°C en el circuito en el intercambiador de calor.  
Nota: Para los modelos Logafix WRHP 30/34 y Logafix WRHP 35/39, no se proporciona el módulo hidráulico del lado de la fuente. Para realizar la gestión por ordenador es necesario instalar la tarjeta MODBUS. Para la producción de agua caliente sanitaria se requiere de un acumulador.


# ANEXO 10. FICHA TÉCNICA PROPUESTA NUEVA BOMBA DE CALOR.



## Especificaciones técnicas

	H 3-15 (classic / elite)	HC 3-15 (classic / elite)	H 5-25 (classic / elite)	HC 5-25 (classic / elite)
Aplicaciones	Calentamiento y ACS Frío pasivo Frío activo	X X X	X X X	X X X
Potencias (kW)	Potencia calefacción <sup>1</sup> Potencia refrigeración <sup>2</sup> Potencia eléctrica <sup>1</sup>	3 - 15 4 - 16.5 0.8 - 3.3	3 - 15 4 - 16.5 0.8 - 3.3	5 - 25 7 - 30 1.3 - 5.6
Rendimiento	COP <sup>1</sup> EER <sup>2</sup>	4.61* 6.8	4.61* 6.8	5.01* 6.8
Componentes	Módulo frigorífico Módulo hidráulico Acumulador ACS	RU-H 3-15 HU-H HU-HC	RU-H 5-25 HU-H HU-HC	RU-HC 5-25 HU-HC HU-HC
Refrigerante	Tipo Carga (kg) Presión máxima (bar)	Externo / Integrado (200 l) 1.5 / 1.75 2	Externo / Integrado (200 l) R410A 1.8 / 2.1	Externo / Integrado (200 l) 1.8 / 2.1
Nivel sonoro (dB)				
Peso (kg)		174 / 254	168 / 248	179 / 259
Dimensiones (mm)	Alto x Ancho x Largo	1020 x 600 x 800	1920 x 600 x 800	

<sup>1</sup> Según norma EN14511, en condiciones 0/3 °C y 30/35 °C.    <sup>2</sup> Según norma EN14511, en condiciones 7/12 °C y 30/35 °C.    \* Certificado por el Austrian Institute of Technology (AIT) en Austria.



ceo2green.com - info@ceo2green.com  
Telf.: 986 120 435 Telf.: 606 263 606  
Edificio CITE XVI, Local 25  
Campus Universitario. 36310 Vigo

**clausius** **NUEVA GENERACIÓN DE BOMBAS DE CALOR GEOTÉRMICAS**



**EL MAYOR COP DEL MERCADO** en bombas de calor geotérmicas con tecnología inverter. Certificado por el Austrian Institute of Technology según norma EN14511.




**TECNOLOGÍA INVERTER Y COMPRESORES SCROLL COPELAND** con recuperación del calor del inverter que proporcionan mayor eficiencia y fiabilidad.

**REFRIGERANTE 410A** óptimo para bombas de calor y con bajo impacto ambiental.




**VÁLVULA DE EXPANSIÓN ELECTRÓNICA CAREL** para un control preciso del caudal de refrigerante.

**BOMBAS DE VELOCIDAD VARIABLE Y ALTA EFICIENCIA WILO**, Clase A.



Construcción totalmente **MODULAR**.



**ACCESIBILIDAD.** Nuevo sistema de apertura abatible superior (sistema patentado).

**clausius** **NUEVA GENERACIÓN DE BOMBAS DE CALOR GEOTÉRMICAS**

**NEW**



**NUEVO SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE ACS HASTA 80 °C** sin resistencias eléctricas (sistema patentado).

**NEW**



**CALEFACCIÓN, ACS, FRÍO PASIVO Y FRÍO ACTIVO** integrados. **CONTROL CON PRIORIDAD DE FRÍO PASIVO.**

**NEW**



**MÍNIMO NIVEL ACÚSTICO.** Sistema de aislamiento acústico específico del módulo frigorífico.



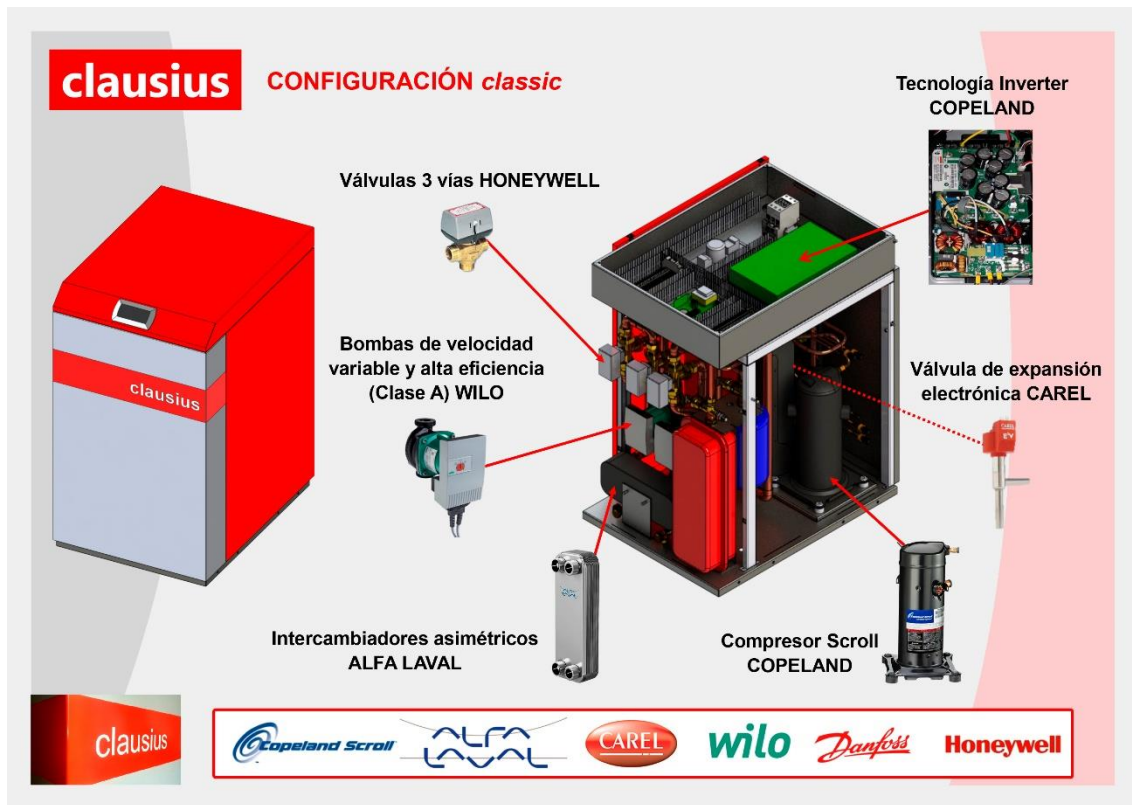
Diseño **ALL-IN-ONE** y **PLUG & PLAY**. Incorporación de bombas de circulación, vasos de expansión, válvulas de seguridad y conexiones de llenado y vaciado.



**SIMPLICIDAD DE INSTALACIÓN. NO DEPÓSITOS DE INERCIA.** Reducción de los costes de la instalación y montaje.



**NUEVAS ESTRATEGIAS DE CONTROL Y SEGURIDAD,** mejor gestión energética de las instalaciones y mayor eficiencia.



## ANEXO 11. ALTERNATIVA BOMBA DE CALOR AIRE-AGUA.

### TECHNICAL SPECIFICATIONS FOR BASIC VERSION (VB)

#### General technical specifications

#### Acoustic Version: AB (Basic Version)

The following data refer to an **IR and IW** unit using **R134a** refrigerant

Model	280.1	320.1	360.1	420.1	480.1	540.1	600.1	710.2	820.2	950.2	1100.2	1200.2	UM
Cooling capacity <sup>(1)</sup>	282	317	356	412	478	536	592	704	818	935	1066	1167	kW
Total power input <sup>(1)</sup>	59	67	75	86	100	114	125	150	172	200	228	249	kW
EER <sup>(1)</sup>	4.78	4.73	4.75	4.79	4.78	4.70	4.74	4.69	4.75	4.68	4.67	4.69	W/W
Heat capacity <sup>(2)</sup>	299	338	381	435	512	569	634	754	870	1010	1133	1253	kW
Total power input <sup>(2)</sup>	69	79	90	101	121	133	149	179	204	243	265	298	kW
COP <sup>(2)</sup>	4.30	4.25	4.23	4.33	4.25	4.29	4.24	4.20	4.26	4.16	4.27	4.21	W/W

#### Compressor specifications

Type	TWIN-SCREW			-		
Quantity	1		2		Nº	
Capacity control	25-100 %			%		
Starting type	PART WINDING	STAR-DELTA		PW	STAR-DELTA	-

#### Evaporator data

Type	SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER												-
Quantity	1												Nº
Maximum pressure on wet side	1000												kPa
Total water capacity	115	110	106	165	159	153	270	200	353	343	325	315	l
Water flow rate <sup>(1)</sup>	13.5	15.1	17.0	19.7	22.8	25.6	28.3	33.6	39.1	44.7	50.9	55.8	l/s
Water pressure drop <sup>(1)</sup>	46	37	46	44	55	43	54	52	45	57	59	45	kPa
Water flow rate <sup>(2)</sup>	11.0	12.3	13.9	16.0	18.7	20.9	23.1	27.5	31.8	36.7	41.5	45.6	l/s
Water pressure drop <sup>(2)</sup>	30	25	31	29	37	29	36	35	30	38	39	30	kPa

#### Condenser data

Model	280.1	320.1	360.1	420.1	480.1	540.1	600.1	710.2	820.2	950.2	1100.2	1200.2	UM
Type	SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER												-
Quantity	1						2						Nº
Maximum pressure on wet side	1600												kPa
Total water capacity	27	31	34	37	37	53	59	68	74	74	106	118	l
Water flow rate <sup>(1)</sup>	16.3	18.3	20.6	23.8	27.6	31.1	34.3	40.8	47.3	54.2	61.8	67.7	l/s
Water pressure drop <sup>(1)</sup>	29	25	26	28	38	27	25	26	28	38	27	25	kPa
Water flow rate <sup>(2)</sup>	14.3	16.1	18.2	20.8	24.5	27.2	30.3	36.0	41.6	48.3	54.1	59.8	l/s
Water pressure drop <sup>(2)</sup>	22	19	20	21	30	21	20	20	22	30	21	20	kPa

#### Electrical specifications

Electric power supply	400 (±10%) / 3 / 50												V/ph/Hz
FLA - Maximum current input	162	181	211	232	270	309	340	422	464	540	618	680	A
FLI - Maximum power input	99	110	129	144	169	190	209	257	287	339	380	418	kW
MIC - Maximum surge current	520	612	665	436	465	586	650	876	668	735	895	990	A

#### Note:

- (1): **Cooling Mode** The data refer to: Evaporator Water temperature: inlet: 12°C - outlet: 7°C,  
Condenser Water temperature: inlet: 30°C - outlet: 35°C,  
(2): **Heating Mode** The data refer to: Evaporator Water temperature: inlet: 10°C - outlet: 5°C,  
Condenser Water temperature: inlet: 40°C - outlet: 45°C,

#### FOULING FACTORS

The performances supplied with the tables are referred to a fouling factory =  $0.44 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ K/W}$ . For different values of the fouling factory, use the reduction coefficients reported in the following table.

Fouling factory	Evaporator		Condenser / Recuperator	
	F.c. PF	F.c. PA	F.c. PF	F.c. PA
(m <sup>2</sup> K / W)	0,44 x 10 <sup>-4</sup>	1	1	1
(m <sup>2</sup> K / W)	0,86 x 10 <sup>-4</sup>	0,98	0,99	1,025
(m <sup>2</sup> K / W)	1,72 x 10 <sup>-4</sup>	0,93	0,98	1,06

F.c. PF: Correction Factor for Cooling capacity

F.c. PA: Correction Factor for Power Input

## ANEXO 12. FICHA TÉCNICA RECUPERADOR DE CALOR PROPUESTA DE NUEVA INSTALACIÓN.

### SANTOS 370 DC

COMPACT COMFORT VENTILATION 'MVHR' UNIT  
SANTOS F 370 DC WITH HUMIDITY RECOVERY



WITH HUMIDITY RECOVERY





3-step switch  
surface or flush mounted

PASSIVE HOUSE  
compliant  
COMPONENT  
Dr. Wolfgang Feist



### PRODUCT DESCRIPTION

The Comfort Ventilation unit **santos 370 DC** or **santos F 370 DC** is a mechanical ventilation heat recovery (MVHR) unit for use in apartments and single-family houses. Two highly efficient electronically commutated direct-current motors with high-duty impellers pass the air over a counter-flow heat exchanger at a heat recovery rate of up to 90%. Optionally, the standard heat exchanger can be replaced by a membrane-based moisture-heat exchanger, which achieves up to 90% heat recovery and can reclaim a high percentage of the air humidity from the extract air. This is a noticeable improvement for apartments with very dry room air conditions. In addition, the plate heat exchanger design with separate supply and extract air flows guarantees perfect hygienic conditions. This device has a special control system that prevents overhumidification. It has G4 filters on the intake and extract air with the option of a F7 pollen filter on the intake.

The housing is made of powder coated steel. The inner lining is high-quality polypropylene for heat insulation and sound absorption. The air flows are controlled via a 3-step switch, which can be installed in any room regardless of where the MVHR unit is located. The 3 ventilation levels can be varied in 1% increments. An automatic bypass control with motorised bypass flap in association with a ground to air heat exchanger ensures gentle cooling of the rooms in summer. The automatic frost protection system needs no auxiliary energy and can optionally be extended for fireplace operation via special configuration software. The duct connections are DN 160 and the ductwork can be connected from the side or top of the unit, depending on the circumstances of installation. The condensate drain is a 1 1/4" male thread socket located at the bottom on the left or on the right, depending on the model.

**THE UNIT PROVIDES 10 BENEFITS:**

1. More comfort by moisture recovery along with heat recovery
2. Heat efficiency up to 127%
3. Perfect hygienic plate heat exchanger
4. Standard heat exchanger replaceable by moisture-heat exchanger
5. Small number of moving parts, low repair needs
6. No critical response to poor maintenance
7. No risk of freezing at outdoor air temperatures  $\geq -10^{\circ}\text{C}$ : defroster heater or ground heat exchanger can be dispensed with
8. No bad odours even after many years of service
9. Low-cost care and maintenance
10. Good price-performance ratio



**santos 370 DC**

**Unit dimensions:** H x W x D [mm]: 892 x 714 x 597

**Installation:** wall mount, horizontal: (bottom edge at least 235 mm above finished floor level), or vertical on base frame

**Place of installation:** frost free, preferably > 10°C

**Duct connections:** 4 x 160 mm dia. socket size

**Condensate:** 1 1/4" male thread

**Material:** Housing: powder coated steel, light grey; thermal bridge free heat and sound insulation by means of EPP foam  
Front cover: plastic in water blue  
Heat exchanger: polystyrene (standard heat exchanger) salt ion membrane (moisture-heat exchanger)

**Weight:** 39 kg

**Filters:** intake air: G4, optionally F7  
extract air: G4

**Electrical connection:** 230 V, 50 Hz: ready for connection – no plug

**Cable lengths:**

- power cord (230 V): 2 m
- 3-step switch to terminal box (230 V): any (by customer)

**Control:** remote 3-step switch

**Protection:** IP 22

**Ventilators:** 2 48VDC radial fans

**Power input/flow/available pressure:** see chart 1

**Heat recovery rate:** 92.7% for santos 370 DC (acc. to EN 308) up to 127% for santos F 370 DC (as referred to sensitive heat in the extract air stream)

**Moisture recovery rate:** up to 65 %

**Sound pressure level acc. to DIN 3743-1: (3-m distance in dB(A))**

V*	100	270	360
Lp	10	30	36

**Temperature range of heat exchanger:** can be used between -20°C and 40°C

**Summer operation:** motorized summer bypass

**Frost protection:**

- frost protection circuit based on intake air flow reduction (no auxiliary energy), fireplace option, or
- frost protection heater, or
- ground to air heat exchanger

**Back-up heating:**

- hot water duct heater as external unit, or
- electric duct heater as external unit

**Information:** Subject to change in the interest of technical progress.

\* flow rate [m³/h]

**TECHNICAL DATA**

Distributed by:

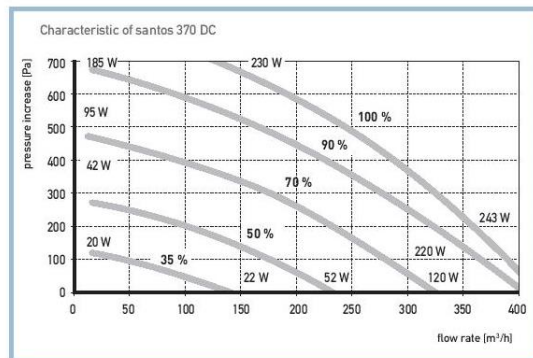
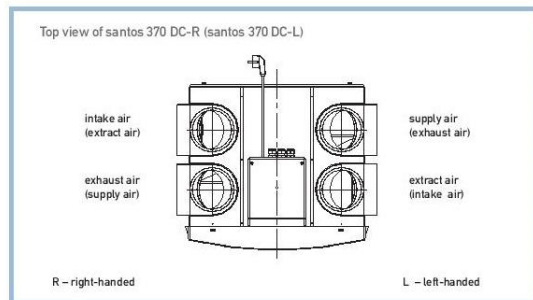
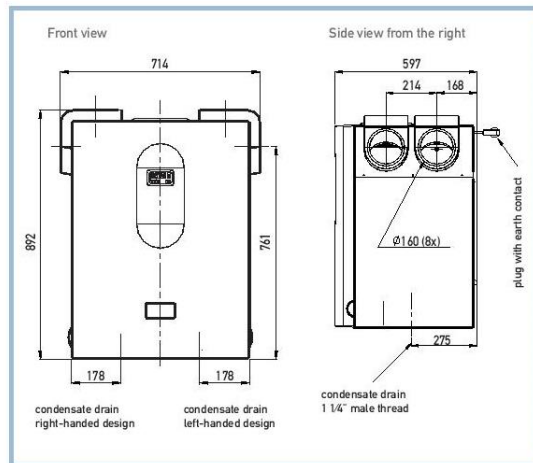


Chart 1: Characteristics for flow rate, externally available pressure and power input

- Environment award
- Innovation awards
- European and German patents
- Product of the Year award
- First Passiv Haus certified MVHR system
- Environment Oscar award
- INTEC award for Saxony

PAUL Comfort Ventilation obtained innovation awards both on the German state and Saxon regional levels, and received the German Environment Award (European-wide competition), as well as the Product of the Year and Environment Oscar awards.

PAUL offers equipment for controlled residential ventilation with efficiencies of up to 99% – groundbreaking in the industry.

Our motto is "New ideas in ventilation" – for fresh and healthy air in homes with energy saving systems for safeguarding the integrity of the environment.



Paul W rmer ckgewinnung GmbH · Vettermannstraße 1-5 · D-08132 M isen · Tel. +49(0)37601 390 - 0 · Fax +49(0)37601 258 45  
E-Mail: info@paul-lueftung.de · Internet: www.paul-lueftung.net

