

EL ESTÁNDAR PASSIVHAUS COMO MODELO HACIA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y LA SOSTENIBILIDAD

Autora: Patricia Hernández Sampedro

Tutor: Miguel Ángel Padilla Marcos

Trabajo de fin de grado en Fundamentos de la Arquitectura

Curso 2020-2021



Escuela técnica Superior de Arquitectura de Valladolid



Universidad de Valladolid

Universidad de Valladolid

Departamento de construcciones arquitectónicas, ingeniería del terreno y
mecánica de los medios constitutivos y teoría de estructuras.

Acondicionamiento e instalaciones

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1 MOTIVACIONES	4
1.2 OBJETIVOS	5
1.3 CONTEXTO MEDIOAMBIENTAL Y ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA	5
A. CAMBIO CLIMÁTICO	5
B. ESTRATEGIAS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO	10
C. ESPAÑA FRENTE A EFICIENCIA ENERGÉTICA	12
D. ORGANIZACIONES / ESTANDARES FRENTE A EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	16
2. ESTANDAR PASSIVHAUS	22
2.1 FILOSOFIA Y ORIGEN	22
2.2 SISTEMAS PASIVOS DE CLIMATIZACIÓN DEL ESTÁNDAR PASSIVHAUS y LA ARQUITECTURA PASIVA	23
2.3 SISTEMAS ACTIVOS DE CLIMATIZACIÓN DEL ESTÁNDAR PASSIVHAUS.....	40
2.3.1 BOMBA DE CALOR	40
2.3.2 SISTEMAS DE AUTOCONSUMO	56
2.4 APLICACIÓN DEL ESTÁNDAR PASSIVHAUS EN EDIFICIO RESIDENCIAL PÚBLICO: RESIDENCIA EN CAMARZANA DE TERA	81
A. SISTEMAS DE APOORTE DE ENERGÍA ACTIVAS	90
B. SISTEMAS DE APOORTE DE ENERGÍA PASIVOS	91
C. <i>CERTIFICACIÓN CLASSIC, DATOS PHPP:</i>	95
3. CONCLUSIONES	108
4. BIBLIOGRAFIA	111
5. ANEXOS: DOCUMENTACIÓN GRÁFICA DEL EDIFICIO Y PHPP_Cumplimiento certificado Passivhaus.	113

1. INTRODUCCIÓN

1.1 MOTIVACIONES

Quien más y quien menos puede ver como desde hace años el sector de la construcción se ha visto obligado a renovarse. Como toda renovación que se lleva a cabo suele intentarse que sea para mejorar lo anterior, y eso mismo ha intentado la arquitectura.

Durante estos años en la carrera hemos visto mil y un ejemplo de edificaciones de diversas funcionalidades, pero casi siempre desde un punto de vista compositivo, pocas veces son las veces que nos hemos adentrado en el cómo estaba hecho y más importante en el por qué se había construido así más allá de cuestiones puramente estéticas.

Pero la realidad del sector de la construcción que encontramos actualmente es que la mayoría de decisiones ya no pueden tener un criterio puramente estético, sino que debemos indagar más allá; y gracias a la legislación actual recogida en el Código Técnico de la Edificación, sabemos que ya las cosas no pueden estar hechas de cualquier manera. Cada elección de material tiene que tener un por qué, cada estancia tiene que tener unas medidas mínimas, todas las obras nuevas tienen que tener un mínimo de habitabilidad, pero también desde hace unos años tienen que tener un mínimo de sostenibilidad.

Desde hace años sabemos que el mundo está cambiando, no dejamos de oír noticias sobre el cambio climático, los gases de efecto invernadero, las altas cantidades de desecho que generamos e incluso el elevado gasto de materias primas, pero... ¿Cómo afecta esto al sector de la construcción? ¿Cómo está afectando este sector en el cambio climático?

Los principios de mejora en cuanto a sostenibilidad que se han ido añadiendo, junto con una mayor divulgación de las estrategias tanto antiguas como novedosas que se pueden aplicar son las que me han llevado a querer indagar más en esta materia. Porque, lo más importante de todo es entender que la sostenibilidad no es algo que acabamos de inventar, la mayoría de estrategias de diseño ya las utilizaban nuestros antepasados para optimizar los recursos con los que contaban, por tanto ¿Cuándo hemos dejado de tener en cuenta donde estábamos, que necesitamos y que es lo mejor para el entorno colectivo?

Para indagar más en la materia no he querido limitarme a las exigencias del código técnico, ni a los mínimos que se están llevando a cabo en la construcción actual por lo general; sino que he querido ir un paso más allá viendo las mejores estrategias en cuanto a sostenibilidad.

Valorando diversas opciones en las que centrar mi trabajo tras entender exactamente como está la situación actual, me decante por la estrategia que más estaba oyendo a mi alrededor, la Passivhaus o casa pasiva.

1.2 OBJETIVOS

El objetivo principal que tengo a través de este trabajo es entender la complejidad del estándar Passivhaus. Deberé entender el origen, el porqué de sus inicios, cuáles son sus criterios de diseño y sus diferentes estrategias, y dentro de estas, cuáles serían las mejores opciones disponibles, aunque sabiendo diferenciar en qué diversos casos variarían estas.

Para ello debo desarrollar varios subobjetivos como serían:

- Entender el contexto en cuanto al medio ambiente y como esto se ve reflejado en el sector de la construcción.

Además de esto, deberé entender que otras acciones o medidas se han ido tomando con respecto a la situación y que relación tendrían estas en el auge del estándar Passivhaus.

- Entender el porqué de que se empiece a construir actualmente muchos más edificios bajo el estándar Passivhaus y sus beneficios. Y que diferencias encontramos con algún otro tipo de certificación.

- Concluir el período de investigación en torno al estándar Passivhaus vertiendo ese conocimiento adquirido sobre la materia analizando un ejemplo certificado por el Institut Passivhaus, valorando el porqué de las decisiones de diseño y construcción, y entendiendo los sistemas utilizados en el mismo.

1.3 CONTEXTO MEDIOAMBIENTAL Y ARQUITECTURA BIOCLIMATICA

El cambio climático se ha convertido en un tema de interés en nuestra sociedad, gracias al cual estamos creando una conciencia generalizada. A la vista de todos esta como año tras año se va haciendo más notable que el cambio climático es un hecho y que en nuestras manos esta frenarlo y reconducir esta situación por nuestro bien y el de las próximas generaciones.

Es por eso que está en nuestra sociedad el poder de valorar como está la situación y tomar medidas para cambiarlo.

A. CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático se define según la RAE como: *“Cambio del clima, atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmosfera mundial y que suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables.”*

Este fenómeno ha acarreado consecuencias medioambientales apreciables en la Tierra tales como un incremento de las temperaturas promedio, un incremento de tormentas y fenómenos similares y el deshielo de los polos con un consecuente incremento del nivel del agua.

Esta variación del clima es una consecuencia directa del efecto invernadero. El efecto invernadero es un proceso por el cual los gases de efecto invernadero absorben la radiación térmica emitida por la superficie de la tierra, y esta es irradiada en todas direcciones. Esta radiación térmica que debería ser expulsada de la atmosfera, al ser devuelta hacia la superficie terrestre y el interior de la atmosfera,

se produce el aumento de la temperatura de la Tierra frente a la que debería hacer si no existieran esos gases de efecto invernadero.



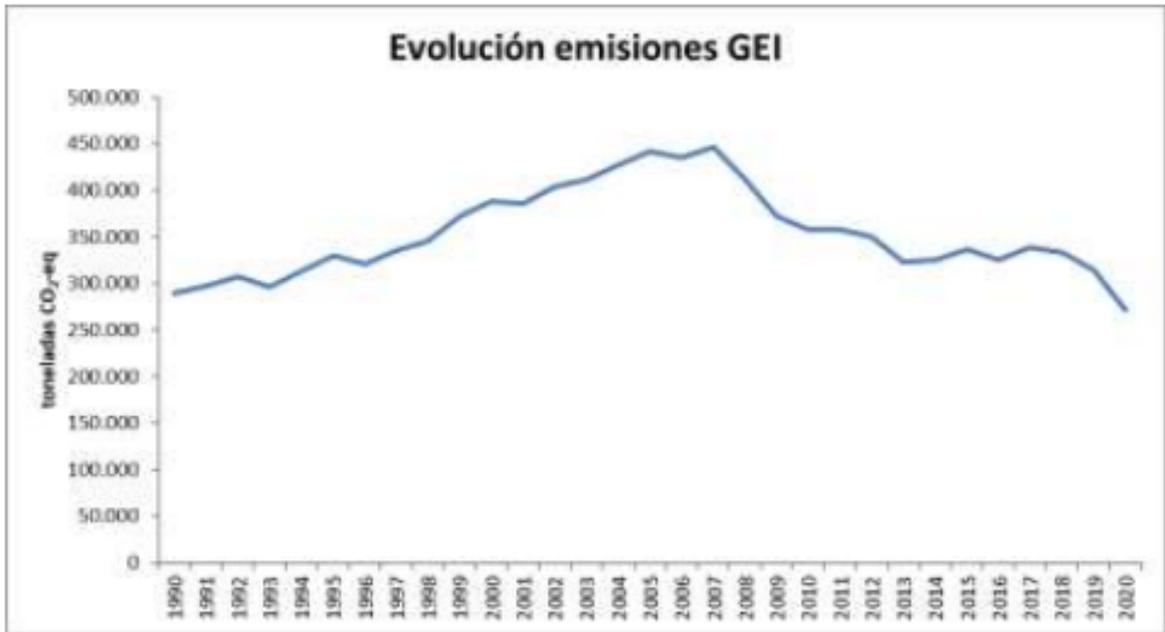
EFEECTO INVERNADERO. FUENTE:WWW.IAGUA.ES

Los principales gases de efecto invernadero son el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido de nitrógeno (N_2O), ozono (O_3) y clorofluocarburos (CFC). La mayoría de gases ya existían en la atmósfera con anterioridad, pero desde la Revolución Industrial se ha llevado a cabo un uso intensivo de combustibles fósiles y una alta deforestación, que han provocado que la cantidad de los gases se vea incrementada de forma preocupante.

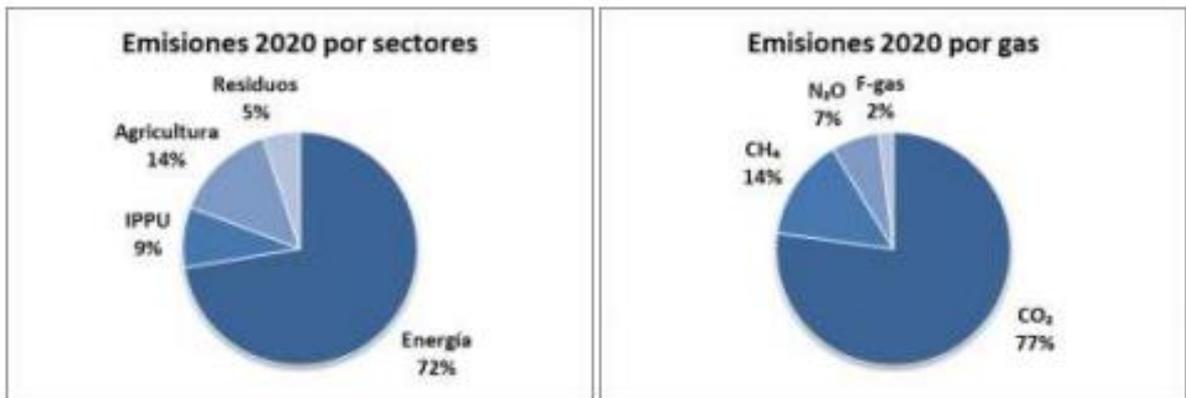
EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN ESPAÑA

El inventario de gases de efecto invernadero de España, serie 1990-2020, establece para el año 2020, unas emisiones brutas de 271,5 millones de toneladas de CO_2 ; lo que implica una disminución global de las emisiones de CO_2 con respecto al año anterior del 13,7%. Este valor sitúa actualmente las emisiones por debajo del valor de 1990 cuando se creó la serie.

Esta disminución debemos observarla con cautela puesto que en el año 2020 no hay un único factor que disminuya estas emisiones; por un lado, este valor ha descendido debido al incremento de la generación eléctrica mediante energías renovables y también la caída del uso del carbón. Además de esto, en 2020 hemos visto como el patrón de actividad y movilidad ha descendido debido a las múltiples limitaciones de la COVID-19, lo cual se ve reflejado en el descenso de emisiones del transporte y la industria.



EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI TOMANDO COMO REFERENCIA EL PRIMER AÑO DE LA SERIE (1990). FUENTE: AVANCE DEL INVENTARIO NACIONAL DE GEI DE ESPAÑA 1990-2020



EMISIONES 2020 POR SECTORES Y GAS. FUENTE: AVANCE DEL INVENTARIO NACIONAL DE GEI DE ESPAÑA 1990-2020

Dado que los datos que incluyen el 2020 se encuentran actualmente en proceso de desarrollo, y requieren de toda la información para poder tener en cuenta y valorar las múltiples causas de la bajada, vamos a tomar como referencia para este análisis los datos de la edición 2021 del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero correspondiente a la serie 1990-2019.

La tendencia como podemos observar a lo largo de los años es creciente, llegando al pico de emisión entre los años 2004 y 2007, comenzando ahí un paulatino descenso, hasta el 2013 que comienza un nuevo periodo de subidas y bajadas.

Emisiones totales brutas de gases de efecto invernadero

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019
Emisiones GEI (kt CO₂-eq)	290.001	329.351	388.212	442.075	357.876	336.995	325.466	338.738	333.250	314.529
Variación respecto a 1990		13,6%	33,9%	52,4%	23,4%	16,2%	12,2%	16,8%	14,9%	8,5%
Variación respecto a 2005					-19,0%	-23,8%	-26,4%	-23,4%	-24,6%	-28,9%

TABLA DE EMISIONES TOTALES BRUTAS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.
FUENTE: AVANCE DEL INVENTARIO NACIONAL DE GEI DE ESPAÑA 1990-2019

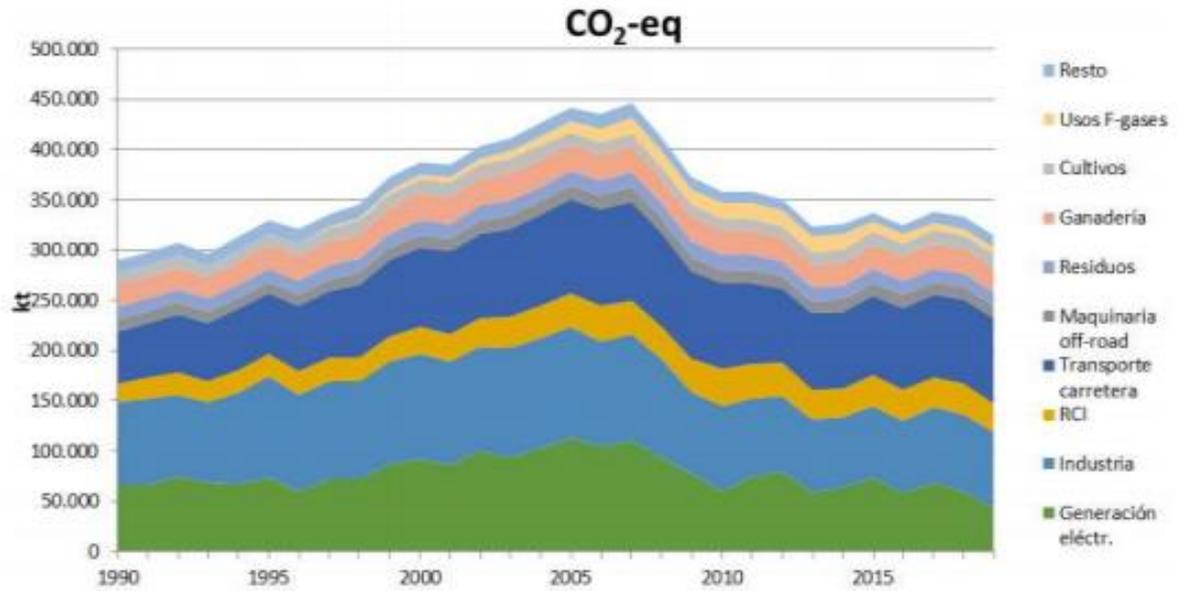
Índice de evolución del agregado de emisiones (1990: 100%)



EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI TOMANDO COMO REFERENCIA EL PRIMER AÑO DE LA SERIE (1990). FUENTE: AVANCE DEL INVENTARIO NACIONAL DE GEI DE ESPAÑA 1990-2019

La tendencia tras analizar las emisiones en función de los sectores, nos lleva a observar como mayor peso de las emisiones son las producidas por el transporte en carretera, seguido muy de cerca por las actividades industriales. Después de esto con aproximadamente la mitad de emisiones de los anteriores encontraríamos la generación de electricidad; la agricultura y ganadería; el consumo de combustibles en el sector residencial, comercial e institucional; y por último los residuos.

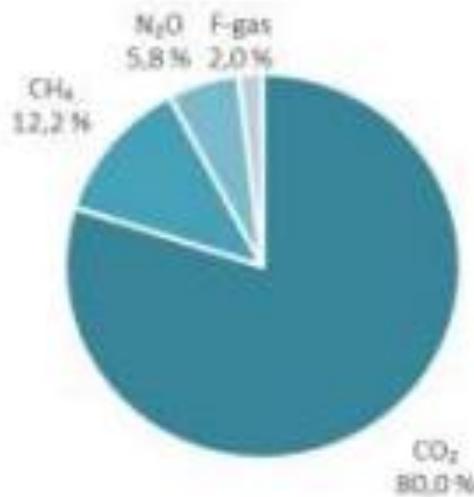
Distribución de emisiones brutas de GEI en 2019 por sectores (kt CO₂.eq)



EVOLUCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES BRUTAS DE GEI EN 2019 POR SECTORES. FUENTE: AVANCE DEL INVENTARIO NACIONAL DE GEI DE ESPAÑA 1990-2019

Por último, el CO₂ se sigue manteniendo como el gas de efecto invernadero más emitido, seguido por el CH₄, el N₂O y finalmente el conjunto de gases fluorados.

Distribución de emisiones brutas de GEI en 2019 por tipo de gas



EVOLUCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE EMISIONES BRUTAS DE GEI EN 2019 POR TIPO DE GAS. FUENTE: AVANCE DEL INVENTARIO NACIONAL DE GEI DE ESPAÑA 1990-2019

B. ESTRATEGIAS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

En nuestra responsabilidad esta la forma en la que sigue avanzando el cambio climático, y las medidas que tomamos para ponerle fin, ya que esta situación es hoy una realidad incuestionable.

Dado que con un granito de arena de aquellos que están concienciados no es suficiente, han surgido estrategias internacionales y nacionales, gracias a la conciencia social de muchos de manera que mejoremos la situación; y además se han desarrollado sistemas de certificación medioambiental y estándares de construcción para revertir o minimizar este cambio.

ESTRATEGIAS INTERNACIONALES

- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
Es un tratado que se adoptó en 1992, y se puso en vigor en 1994. En este tratado se reconoce los problemas relacionados con el cambio climático, y se busca reforzar la conciencia social a nivel mundial.
En este tratado se estableció como objetivo principal “la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmosfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas (causadas por el ser humano) peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.” (*Unidas, Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 1992*)
- Protocolo de Kioto
Es un protocolo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, y un acuerdo internacional cuyo objetivo se basa en reducir las emisiones que están causando el calentamiento global: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido de nitrógeno (N₂O), ozono (O₃) y clorofluocarburos (CFC).
El protocolo de Kioto entra en vigor en 2005, y está desarrollado en dos períodos: de 2008 a 2012, y de 2013 a 2020.
- Directivas europeas
La UE dicta directivas con el fin de establecer objetivos para cumplir los objetivos adquirido en las conferencias de partes anuales de las Naciones Unidas. E estas directivas, la UE crea objetivos para todo el conjunto o para estados concretos, dejando a estos elegir los medios para llevarlos a cabo, aunque siempre con supervisión europea.
La *Directiva 2010/31/UE* que tiene como objetivo el fomentar la eficiencia energética de los edificios de la unión, teniendo en cuenta condiciones climáticas exteriores y de localización, además de exigencias interiores y rentabilidad en coste – eficiencia.
En esta directiva se propuso el triple objetivo para 2020; reducir un 20% las emisiones de gases de efecto invernadero, aumentar en un 20% la eficiencia

energética y que un 20% de la energía energética provenga de fuentes renovables.

La *Directiva 2012/27/UE* que entro en vigor en diciembre de 2012, nace con el objetivo de modificar la anterior, ya que las previsiones no auguraban un cumplimiento de los anteriores objetivos. Con ella se centra el objetivo principal de reducir el consumo de energía en un 20% para 2020, y con ello preparar el camino para las futuras mejoras en relación a eficiencia energética.

En enero de 2018, el Parlamento modifico la propuesta de Comisión por la que se modifica la Directiva relativa a la eficiencia energética, quedando como válida la *Directiva 2018/2002/UE* , la cual, consiste en que todos los Estados miembros cuenten con un parque inmobiliario altamente eficiente desde el punto de vista energético y descarbonizado antes de 2050 para alcanzar los objetivos europeos de eficiencia energética, como la reducción de las emisiones de CO2 en la Unión entre un 80 y un 95 % en relación con 1990.

(Portal del Parlamento Europeo) →

La Directiva modificada sobre la eficiencia energética en los edificios (Directiva 2018/844/UE) introdujo estrategias de renovación a largo plazo:

- cada Estado miembro debe establecer una estrategia a largo plazo para apoyar la renovación de sus parques nacionales de edificios, tanto públicos como privados, transformándolos en parques inmobiliarios con alta eficiencia energética y descarbonizados antes de 2050;
- ha de acelerarse la transformación de los edificios existentes en «edificios de consumo de energía casi nulo» a más tardar en 2050, con la obligación de que todos los nuevos edificios sean de este tipo a partir de 2021;
- se respalda la modernización de todos los edificios con tecnologías inteligentes.

La Comisión prevé que en julio de 2021 se adoptará una propuesta legislativa por la que se modifique la Directiva relativa a la eficiencia energética.

ESTRATEGIAS NACIONALES

A nivel nacional encontramos normativas creadas para la aplicación y el cumplimiento de las Directivas Europeas en vigor. Como tales destacan el Real Decreto 235/2013 y el Real Decreto 56/2016.

El Real Decreto 47/2007 fue el primer Real Decreto en abordar temas de materia de eficiencia energética y asentar las bases de los RD se aprobarán con posterioridad

El Real Decreto 235/2013 es el encargado de derogar el anterior RD 47/2007, y transpone parte de la *Directiva 2010/31/UE* de manera que establece el procedimiento a seguir en materia de certificación de la eficiencia energética en edificios e impone la necesidad de los certificados de eficiencia energética para la venta o el arrendamiento de viviendas.

El Real Decreto 56/2016 transpone parte de la *Directiva 2012/27/UE*, referente a auditorías energéticas y la acreditación de servicios energéticos y auditores.

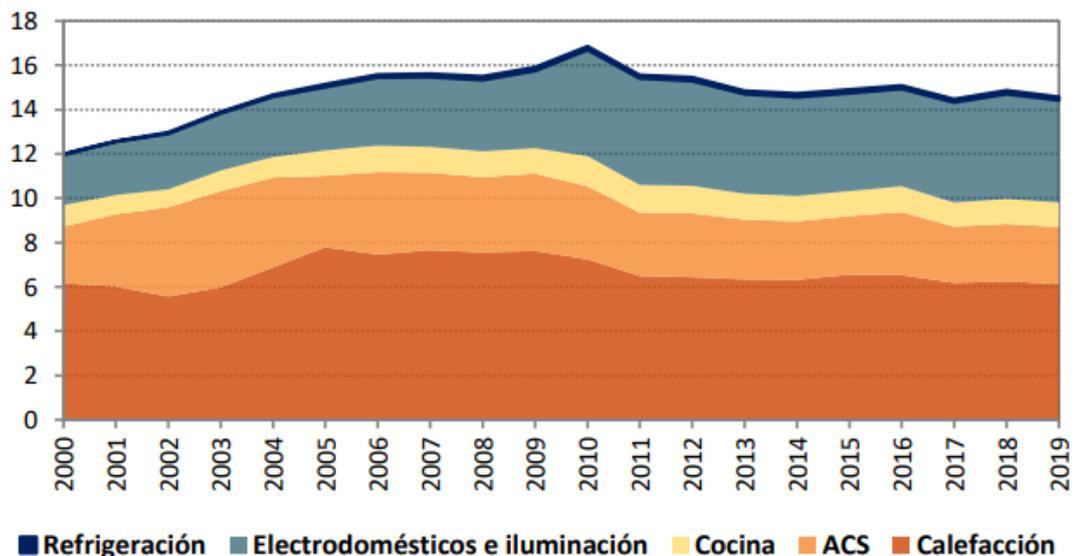
C. ESPAÑA FRENTE A EFICIENCIA ENERGÉTICA

Para entender cómo se encuentra la situación en cuanto a eficiencia energética debemos valorar unos datos, acerca de la evolución y estado de diferentes parámetros en el sector residencial:

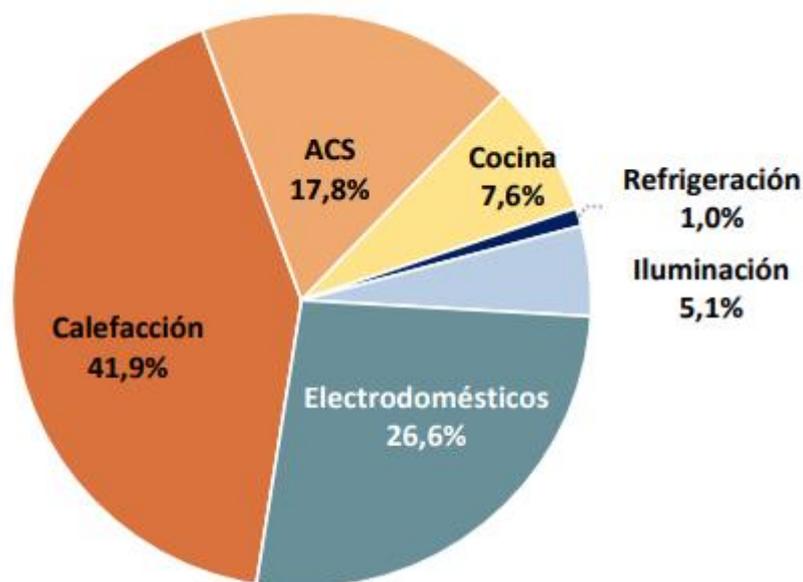
Unidad	Consumo del sector residencial	Cobertura en la demanda energética		Consumo térmico per cápita	Consumo eléctrico per cápita	Superficie media de las viviendas ⁽¹⁴⁾	Ocupación media de las viviendas ⁽¹⁵⁾
		Energías renovables ⁽⁷⁾	Electricidad				
	Mtep	%	%	tep/pers	kWh/pers	m ²	pers/viv
2000	12,1	22,1	31,1	0,205	1.077	89,0	2,30
2019	14,6	35,3	43,0	0,177	1.552	92,4	2,52

FUENTE: INFORME SINTÉTICO DE INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGETICA EN ESPAÑA. AÑO 2019. IDEA

Como podemos apreciar en la tabla, el consumo del sector residencial se ha incrementado en un pequeño porcentaje; pero este porcentaje se ha visto incrementado en mayor medida en un mayor uso de energías renovables, aunque también en un aumento del uso de la electricidad. Este último incremento, si valoramos el cambio de forma de vida de hace 20 años hasta hoy podemos entender como la tecnología que se implementa en nuestras vidas a pasos agigantados y aumenta este valor, nos pone de manifiesto cómo debemos seguir aumentando el uso de energías renovables de forma que esta electricidad se consiga de la forma más eficiente posible.

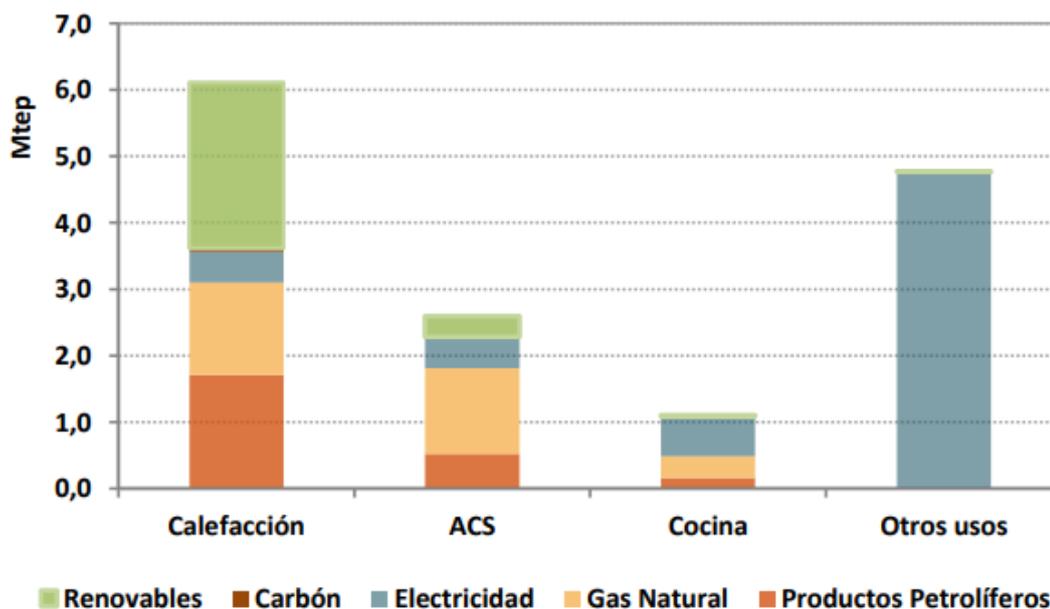


EVOLUCION DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL SECTOR RESIDENCIAL POR USOS FINALES, 2000-2019. FUENTE: INFORME SINTÉTICO DE INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGETICA EN ESPAÑA. AÑO 2019. IDEA



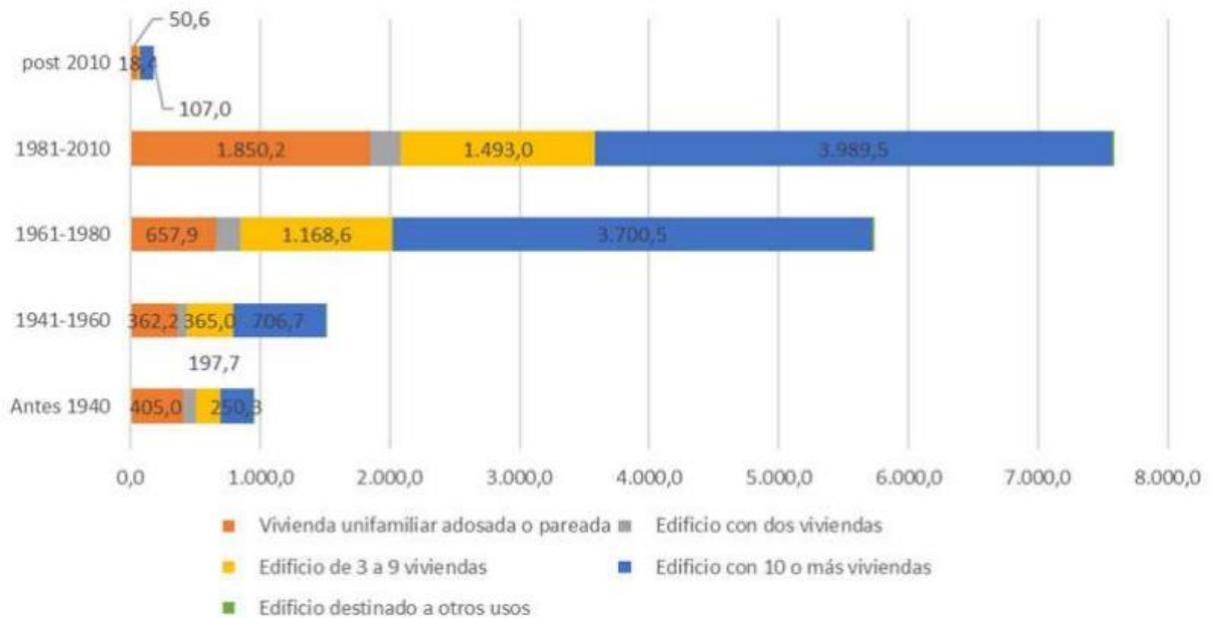
ESTRUCTURA DEL CONSUMO NERGÉTICO DEL SECTOR RESIDENCIAL POR USOS FINALES, 2019. FUENTE: INFORME SINTÉTICO DE INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGETICA EN ESPAÑA. AÑO 2019. IDEA

En el grafico observamos como la mayor demanda energética sigue manteniéndose en calefacción; el segundo consumo mayoritario actualmente es el de los electrodomésticos, cuyo uso como podemos observar se ha visto incrementado casi al doble desde el año 2000 hasta hoy.



CONSUMO ENERGÉTICO DEL SECTOR RESIDENCIAL POR USOS FINALES Y FUENTES ENERGÉTICAS, 2019. FUENTE: INFORME SINTÉTICO DE INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGETICA EN ESPAÑA. AÑO 2019. IDEA

En este último gráfico podemos ver como en materia de calefacción las energías renovables destacan por encima del resto de fuentes energéticas, y como el uso del carbón está casi desaparecido. Podemos entender que estamos en la buena dirección, pero no podemos perder del horizonte el objetivo final que son las viviendas de consumo nulo, lo cual todavía nos quedan muchas viviendas con fuentes energéticas basadas en productos petrolíferos, gas natural y electricidad.



GRÁFICA DE DISTRIBUCIÓN DE LAS VIVIENDAS PRINCIPALES POR EDAD DE CONSTRUCCIÓN Y TIPOLOGÍA. FUENTE: MITMA A PARTIR DE ENCUESTA DE HOGARES 2018 (INE)

Tras ver el gráfico de las etapas de mayor construcción y sus tipologías; si cruzamos estos datos con la normativa vigente en las fechas en las que se construyeron la mayoría de viviendas del parque edificatorio español, podemos hacernos una idea en cuanto a su nivel de eficiencia energética; y la máxima regulación respecto a este que podemos esperar.

NORMATIVAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ESPAÑA:

- Año 1979: *NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en la edificación.*

Este documento formaba parte de la normativa vigente de la época, que eran las Normas Básicas de la Edificación. Se trataba de unas primeras pinceladas, unas exigencias térmicas elementales, pero aun así era un primer paso hacia la "eficiencia energética", aunque en esa época aún no se planteaba como tal. El cumplimiento de esta normativa no iba más allá de documentar los coeficientes y valores energéticos de los detalles que el arquitecto del proyecto había decidido como óptimos, sin ser sometidos estos a unos criterios mínimos de evaluación.

Lo cual derivó en una construcción muy deficiente en cuanto a edificación eficiente se refiere.

- Año 1999: *LOE, Ley de Ordenación de la Edificación*

Esta ley estableció unos criterios mínimos de seguridad, funcionalidad y habitabilidad; sirviendo como base y primer paso de unificación de las distintas normativas sobre la construcción para dar paso posteriormente al CTE.

No se considera un reglamento de eficiencia energética como tal, pero en lo relativo a habitabilidad, ya establecía unas pinceladas sobre el ahorro de energía y el aislamiento térmico, de modo que se racionalice el uso de energía necesaria.

- Año 2006: *DB HE del CTE, Ahorro de Energía*

Con la aparición del CTE, y el desarrollo de un documento básico dedicado a esta materia, se procedió a dar un gran avance en la materia. Este documento inicio a introducir unos valores orientativos sobre aislamientos, recomendaciones en cuanto a vidrios, y la incorporación de placas solares para producir agua caliente sanitaria (ACS)

- Año 2007: *RITE, Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios.*

Se aprobó este nuevo reglamento tras la aprobación del Código Técnico de la Edificación en 2006, y la necesidad de transponer la Directiva 2002/91/CE, de 16 de diciembre, de eficiencia energética de los edificios.

“el reglamento que se aprueba constituye el marco normativo básico en el que se regulan las exigencias de eficiencia energética y de seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios para atender la demanda de bienestar e higiene de las personas.” Así se definiría en el BOE RD 1027/2007 la finalidad del mismo

- Año 2013: *DB HE del CTE, Ahorro de Energía. Modificación del DB del 2006*

Esta modificación de CTE busca aproximarse a la primera fase de objetivos que marca la *Directiva Europea 2010/31/UE* en relación con los edificios de consumo casi nulo, que tenía como objetivo el 2018 para edificios públicos y el 2020 para privados.

Estos objetivos supusieron un endurecimiento de los valores máximos del anterior documento, estableciendo limitaciones de consumo y demanda, por ejemplo.

- Año 2017: *DB HS del CTE, Salubridad, y DB HE del CTE. Modificación de “HS· Calidad del aire interior” y pequeñas correcciones en el “Documento Básico Ahorro Energía”*

Analizando la situación del parque edificatorio en cuanto a cantidad y las normativas, podemos concluir que la mayoría de edificaciones del parque edificatorio español, ha sido construido basándose en unos estándares de eficiencia energética bastante precarios en cuanto a normativa. Por este motivo podemos entender como el sector residencial consume una cantidad muy elevada de energía, y poca parte de esta es producida de una manera renovable.

Frente a esto, el Estado Español ha puesto en marcha medidas para incentivar el uso de energías renovables, de forma que mejore la eficiencia del parque edificatorio español, a sabiendas de que es una transición muy complicada. Una de esas medidas, consiste en

fomentar el autoabastecimiento mediante energía renovable de placas solares, facilitando subvenciones a sus usuarios:

- Bonificaciones del IBI (Impuesto de Bienes Inmuebles)
- Bonificaciones del ICIO
- Deducciones del IRPF
- Ayudas autonómicas

Como conclusión final podemos establecer que por lo general muchas de las viviendas en España actualmente carece de un buen aislamiento térmico (innumerables puentes térmicos), de una envolvente hermética y estanca, de una buena orientación y soleamiento en función de su localización, ventanas de prestaciones óptimas y/o una correcta ventilación cruzada con recuperador de calor.

Hasta la normativa vigente en la actualidad, era irrelevante la existencia de puentes térmicos, y no estaban establecidos unos requisitos mínimos de aislamiento térmico.

De la misma manera, no se comprobaba de ninguna manera ni se exigía una hermeticidad frente a infiltraciones indeseadas, lo cual disminuye mucho la calidad del aire interior y prolifera las pérdidas de energía.

En las épocas de mayor auge de la construcción, se llevó a cabo una construcción masiva de viviendas dado la necesidad, principalmente en las ciudades, lo que llevo a un sistema de construcción masivo y repetitivo que no tenía en cuenta la localización ni la orientación. Un arquitecto diseñaba un edificio en Madrid, y ese mismo edificio podía ser construido en diferentes zonas de esa ciudad, e incluso en muchas otros, en las cuales el clima tampoco es similar al inicialmente proyectado.

También es necesario tener en cuenta que el análisis se ha realizado con los datos ofrecidos por el estudio del IDAE, pero en su desarrollo no tiene en cuenta los edificios que hayan podido sufrir rehabilitaciones; el cual es un campo en el que actualmente están destinadas la gran mayoría de ayudas en el campo de eficiencia energética.

D. ORGANIZACIONES / CERTIFICACIONES FRENTE A EFICIENCIA ENERGÉTICA

Actualmente la construcción ecológica es una práctica fundamental de cara al desarrollo futuro del sector. Por tanto, debemos someternos a un proceso de “mejores prácticas” de manera que los criterios de hoy, sean la base para conseguir adquirir unos criterios cada vez más altos.

Gracias a la preocupación de mucha gente del sector por la evolución del medio ambiente y el ecosistema en el que vivimos, se han ido creando con el tiempo diversas organizaciones que buscan de manera voluntaria mejorar la forma de construcción creando sus diversos “estándares” mediante los cuales facilitan la etapa de diseño dando unas pautas, y certifican al final de la construcción del mismo que se ha llevado a cabo de una manera sostenible y eficiente para el medio ambiente.

De esta manera nace en Estados Unidos en 1992 el USGBC (U.S. Green Building Council), en un momento en el cual, el sector de la construcción empezaba a orientarse en la promoción de prácticas hacia una construcción ecológica.

Al poco tiempo de fundarse el USGBC, inicio el desarrollo de su "estándar" para calificar y certificar la sostenibilidad de los edificios en Estados Unidos, este estándar es conocido como LEED., y se lanzó en 1999. LEED es el acrónimo de Leadership in Energy & Environmental Design, el cual, en castellano se traduce como Líder en Eficiencia Energética y Diseño Sostenible. Este sistema de certificación se fue ampliando durante la década siguiente a su lanzamiento, de manera que pueda clasificar todo el ciclo de vida del entorno de la construcción, no solo el edificio en sí, incluyendo así la planificación del uso de la tierra y las operaciones de diseño integral.

De esta manera, la certificación LEED va más allá en torno a la sostenibilidad en el ámbito de la construcción, llegando así a poder certificar el vecindario o zona de construcción en su conjunto, de manera que se utilicen estrategias que mejoren el conjunto de la población y no solamente los usuarios del edificio a certificar.

Los sistemas de clasificación LEED pueden tratar proyectos tales como: nuevas construcciones y renovaciones importantes; para fachadas y estructuras; para interiores comerciales; para escuelas; para atención médica; para ventas minoristas; para edificios existentes: operaciones y mantenimiento; para hogares; y para desarrollo de vecindarios.

La estructura del sistema de clasificación de este certificado consta de prerequisites, que son elementos imprescindibles para la edificación ecológica y deben estar obligatoriamente en todos los proyectos; y créditos, que son los elementos opcionales, estrategias en diversos ámbitos que suman puntos con el objetivo de lograr la certificación deseada.

Estos sistemas tienen por lo general 100 puntos básicos y a mayores seis puntos extras en la categoría de innovación y otro cuatro en la categoría de prioridades regionales, de manera que tenemos un total de 110 puntos, obteniendo así las siguientes certificaciones:

- LEED Certificado (Certified): para edificios que consiguen entre 40 y 49 puntos.
- LEED Plata (Silver): para edificios que consiguen entre 50 y 59 puntos.
- LEED Oro (Gold): para edificios que consiguen entre 60 y 79 puntos.
- LEED Platino (Platinum): para edificios que consiguen más de 80 puntos.

Los créditos de la certificación LEED se pueden obtener mediante el desarrollo de estrategias en 8 categorías distintas, pero a la vez complementarias entre sí, las cuales son:

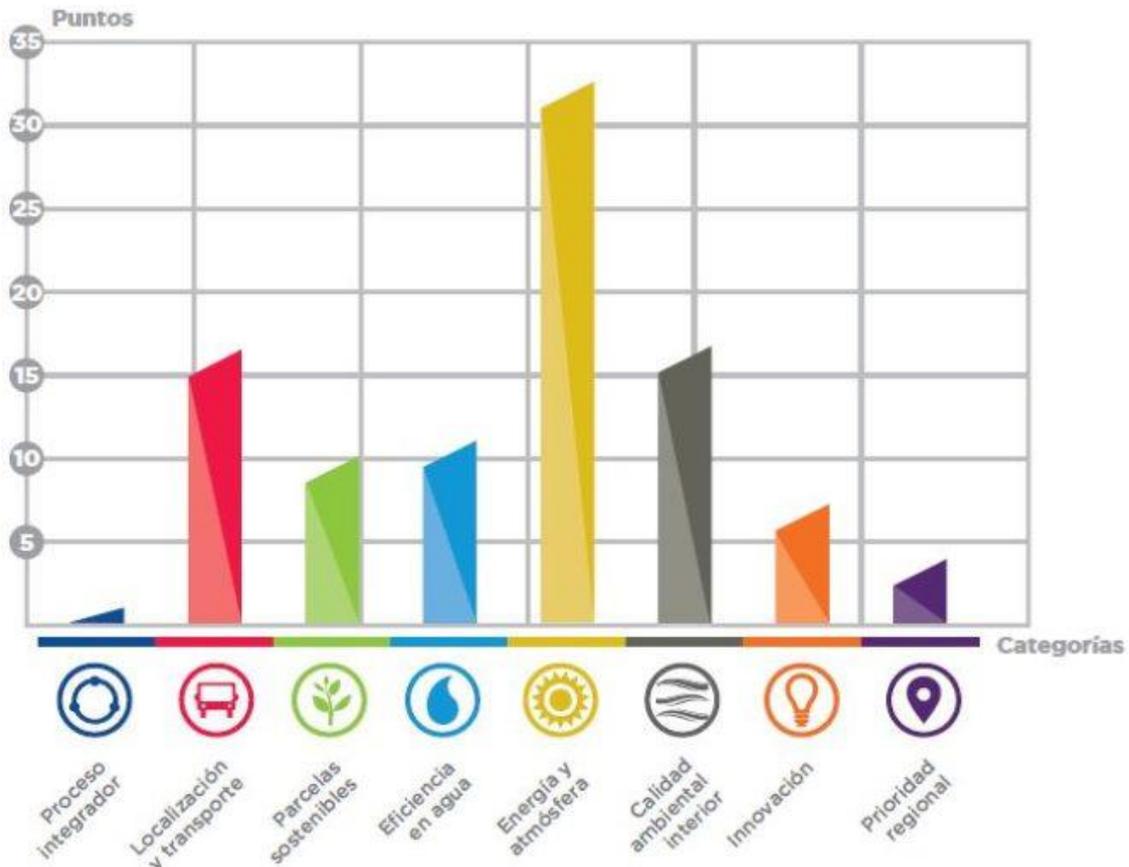


GRÁFICO DE CATEGORIAS DE LA CERTIFICACION LEED.

FUENTE: ISOVER

- a. Proceso integrador: este proceso se centra principalmente en el uso de materiales y recursos de los que disponemos a la hora de la construcción y el posterior uso del edificio y la zona en la que se encuentra y todo lo que afecte al ciclo del mismo, es decir la gestión de los recursos de desecho. De esta manera, en este ámbito, la principal manera de mejora es la reducción significativa de desechos desde una correcta fase de planificación y diseño del mismo. Además de lo anterior, otras estrategias para mejorar la conservación de materiales durante el ciclo de vida de nuestro proyecto serian: la reutilización de materiales de otros edificios preexistentes que mantienen la calidad, la planificación de regiones más compactas de manera que se ahorre material en la creación de infraestructura que le dé servicio; diseño de edificios más pequeños, reduciendo espacios inutilizados, y favoreciendo la creación de espacios flexibles; y una correcta gestión de los desechos mínimos que se generen de manera que evitemos al máximo la emisión de gases de efecto invernadero.

- b. Localización y transporte: la ubicación de un edificio puede ser considerada en cuestiones de sostenibilidad tan importante como la manera de construir el mismo.

Además de los criterios bioclimáticos para la ubicación y orientación de los edificios, también debemos tener en cuenta los factores relacionados con las conexiones de los mismos. Un edificio será mucho más sostenible si se edifica en un terreno previamente desarrollado, con infraestructuras cercanas, dando preferencia a las especies que están en ese hábitat, y con una red de transporte sostenible; que si no reúne parte de estas características.

Otro de los sectores que más contaminan junto con el de la construcción, es el sector del transporte. A la hora de diseñar los edificios y los patrones de vecindario, debemos tener en cuenta las conexiones y los diversos sistemas de transporte público, redes de sendas ciclistas y recorridos peatonales, de manera que nuestro edificio tenga una amplia oferta de transporte sostenible, evitando así una sobre contaminación adicional por un excesivo uso del transporte privado causado por malas comunicaciones.

- c. Parcelas sostenibles: Dentro de este grupo, la certificación LEED aborda diversos ámbitos como son la ubicación y sus conexiones; las pautas y diseño del vecindario; el transporte predominante en la zona; como se gestionan las aguas pluviales, tanto en el edificio como en el vecindario; y el efecto isla de calor en las zonas más densas de las ciudades.

A la hora de ubicar un edificio debemos tener en cuenta como se conecta este con la biorregion local, donde se encuentra la cuenca fluvial y la comunidad donde se encuentra. De esta manera podremos decidir cuál es la forma más sostenible de crear nuestro edificio aprovechando al máximo los recursos naturales y materias que nos ofrece la zona; y además satisfacer las necesidades de la comunidad local y buscar fomentar una vida urbana activa mediante el diseño de nuestro edificio y la organización de su parcela; creando así un dialogo con el entorno.

La gestión de aguas pluviales es un ámbito que se empieza a desarrollar con más frecuencia, y que LEED incluye como la minimización de superficies impermeabilizadas, aumentando las superficies permeables cubiertas verdes, o pavimentos porosos; el control de aguas pluviales y reutilización en casos donde la legislación regional lo permita; y mejoras a la vegetación nativa

- d. Eficiencia de agua: La gran expansión que hemos desarrollado en el ámbito residencial, comercial e industrial, nos están llevando a aumentar también el uso del agua potable, sin tener en cuenta que este suministro es limitado. Además de esto, dado al aumento de suministro, también aumenta la cantidad de agua residual y la dificultad de gestionar esta alta producción, pudiendo llegar el excedente a contaminar ríos, lagos, etc.

De esta manera se apuesta por estrategias en el interior de la edificación de control del uso para hacer seguimientos de las tendencias de consumo y facilitar la detección de fugas, instalar accesorios en los elementos que requieran agua para conseguir la máxima eficiencia, y por último el uso de agua no potable para usos en los que no es imprescindible el potable, siempre que la ley regional lo permita.

En lo referente al exterior, las estrategias se basan principalmente en respetar el bioecosistema del lugar de manera que al ser especies adaptadas requieren menos agua, añadir a esto un sistema de riego con tecnologías eficientes y el uso de aguas recuperadas de las edificaciones como grises o recolectadas de la lluvia para el riego.

- e. Energía y atmosfera: la evolución en la edificación nos ha demostrado como los edificios que tienden cada vez más a criterios elevados de eficiencia, reducen su consumo de energía de una forma considerable.

Para reducir la demanda energética debemos hacerlo desde el diseño dimensionando el edificio de manera adecuada, evitando así el sobredimensionamiento de instalaciones, y además estableciendo objetivos energéticos que condicionaran el diseño. También debemos tener en cuenta en el diseño el uso de energía gratuita a través de la ventilación natural, la orientación y la luz natural; y además complementar estas estrategias con un uso adecuado del aislamiento.

Además de la reducción de la demanda, también podemos tomar estrategias en cuanto al origen de la energía, primando el uso de energías renovables. En cuanto a esto, LEED hace distinción entre dos tipos de la misma, la producción de energía renovable en el sitio de la edificación y la compra de la energía ecológica fuera del sitio a proveedores certificados.

En cuanto a lo referente a la atmosfera, la certificación LEED lo que establece es la prohibición de usar refrigerantes a base de CFC que son preocupantes en lo referente a la destrucción de la capa de ozono y al cambio climático.

- f. Calidad ambiental interior: este grupo comprende las condiciones que se dan en el interior del edificio como calidad del aire, calidad de la iluminación, condiciones térmicas y ergonomía; y además los efectos que estos producen en los ocupantes, es decir, el confort y bienestar en los residentes del edificio. En torno a la calidad del aire se deben llevar a cabo estrategias que protejan el aire que se introduce en el edificio, utilizar materiales ecológicos con bajas emisiones, realizar las pertinentes pruebas para detectar la presencia de radón u otras sustancias peligrosas, un correcto uso de filtros de aire; y un diseño correcto en cuanto a ventilación ya sea mecánica o natural.

Y en cuanto a la mejora del confort de los ocupantes debemos tener en cuenta estrategias en el diseño como un elevado uso de iluminación natural y vistas, que además se complementa con ventanas operables que favorezcan la ventilación. Un diseño acústico adecuado también es vital para el desarrollo

de actividades en el espacio. Y por último dotar al usuario del control de la iluminación, temperatura y ventilación de modo que pueda adoptarlo al uso.

- g. Innovación: a través de esta categoría LEED lo que busca es incentivar a los equipos de proyecto a desarrollar nuevas estrategias que mejoren los proyectos futuros. Estas estrategias deben tener unos mínimos tales como que sean aplicables a todo el conjunto del edificio, poder demostrar unas mejoras cuantitativas para el beneficio medioambiental y que la estrategia pueda ser aplicada en otros proyectos.
- h. Prioridad regional: Esta última categoría se reserva a los consejos regionales o sedes afiliadas al USGBD, de manera que se establecen criterios concretos en función de la zona del proyecto y sus necesidades específicas, demostrando así la gran importancia que tiene diseñar y construir un edificio para un sitio en concreto, con las peculiaridades que eso conlleva.

Además de esta certificación, otra de las más importantes que, aunque surgió la idea en Estados Unidos, se desarrolló principalmente en Europa a diferencia de la anterior es la organización Institut Passivhaus, y la creación de su certificación Passivhaus. Está a diferencia de la anterior, se desarrolla principalmente en torno al diseño del edificio en sí, y no tanto al diseño y su relación con el entorno, y en el siguiente apartado se explicará su origen y criterios más a fondo.

Como podemos observar entre estos dos sistemas de certificación, los cuales, ya han llegado ambos a España, aunque por el momento tiene una mayor cantidad de edificios certificados Passivhaus, ambos son una gran opción de cara a mejorar la eficiencia en la edificación, y aunque su carácter es voluntario, ha ido aumentando su demanda exponencialmente con el paso de los años, lo cual, nos demuestra que aunque lentos, el sector de la edificación va desarrollándose hacia la sostenibilidad y eficiencia.

2. ESTANDAR PASSIVHAUS

2.1 FILOSOFIA Y ORIGEN

La arquitectura pasiva podemos definirla como aquella que se adapta a las condiciones climáticas del entorno y busca reducir todo lo posible su demanda energética. Para llevar a cabo esto, se tiene en cuenta tanto la fase de diseño como la fase de ejecución.

Teniendo en cuenta esto podemos entender que la finalidad del estándar *Passivhaus* no es remodelar y rehabilitar todos los edificios existentes, sino lograr la construcción de edificios de nueva planta cuyo consumo de energía sea mínimo, pero sin poner en riesgo el bienestar y el confort térmico de sus ocupantes.

La tendencia creciente del aumento del precio de la energía, y las nuevas normativas que se están incorporando en materia de sostenibilidad, eficiencia energética y medio ambiente; llevan a replantearse el modelo de parque inmobiliario actual. Este nuevo modelo debe tener en cuenta a parte del valor monetario del inmueble, la futura hipoteca energética que este producirá, pues actualmente la vida útil de los edificios sigue siendo elevada lo cual multiplicado por ineficiencia energética provoca un gran gasto energético que el planeta actual ya no es capaz de soportar.

Además de esto, vista la evolución de las exigentes normativas energéticas que se están desarrollando, en un corto plazo de tiempo, los edificios que no respondan a un ahorro energético supondrán muy mala inversión económica frente a los que sí.

El termino *Passivhaus* proviene del alemán, y su traducción literal sería "Casa Pasiva". Este concepto de Casa Pasiva nació en los años 80 en estados Unidos, y proviene del libro de Edward Marzia *Passive Solar Energy Book*. En este libro recoge las experiencias de viviendas que minimizan el uso de los sistemas convencionales de calefacción y refrigeración aprovechando las condiciones climáticas y de soleamiento en cada sitio, unificando todo esto en un manual de aplicación. Este término se perfeccionó ya en la década de los 90 en Alemania con la creación del instituto Passivhaus y su estándar de certificación Passivhaus.

El primer ejemplo del estándar Passivhaus es de 1990 y se construyó en Darmstadt, Alemania. Tras este primer paso, Alemania se convirtió en el gran impulsor de este estándar como forma de construcción con cientos de casas construidas en sus fronteras, y tras este paso el resto de países fueron detrás, llegando en la actualidad a más de 120 países alrededor del mundo.

En España la entrada del estándar Passivhaus se produjo en 2008 con la creación de la Plataforma de Edificación Passivhaus (PEP). Una asociación sin ánimo de lucro que tiene como finalidad promover en España los edificios pasivos y forma parte de la International PassiveHouse Association y de EuroPHIT.

El primer edificio en España certificado bajo el estándar de Passivhaus se realizó en 2010, y se trata de la vivienda Assyce-Ecoholística en Moraleda de Zafayona, Granada.

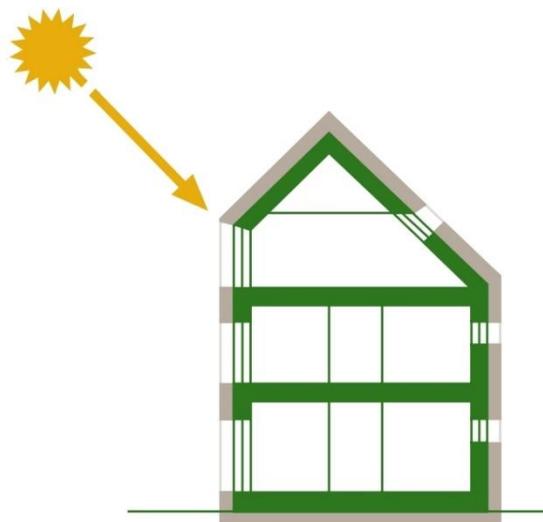
Por tanto, este estándar Passivhaus no solo se puede implementar en el clima donde se construyó el primer ejemplo, sino que se puede adoptar esta metodología en todos los climas posibles, variando las exigencias de los elementos constructivos y orientaciones en correcta concordancia con las condiciones climáticas del entorno.

Cuando realizamos una Passivhaus, no evaluamos el pequeño incremento monetario en la inversión inicial, sino que estudiamos el ahorro económico que se obtendrá a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta que finalmente el cliente solo tendrá una hipoteca económica, y no una doble hipoteca (económica y energética), manteniendo además el confort y la calidad interior de su vivienda.

2.2 SISTEMAS PASIVOS DE CLIMATIZACION DEL ESTÁNDAR PASSIVHAUS y LA ARQUITECTURA PASIVA

Como hemos podido entender con lo mencionado anteriormente, un punto fuerte en las edificaciones pasivas es el diseño del mismo, de manera que se consiga alcanzar mediante los elementos pasivos del diseño los parámetros exigido por el estándar.

A. ORIENTACION Y APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR.



CRITERIO DE ORIENTACIÓN SOLAR EN PASSIVHAUS. FUENTE: MICHEEL WASSOUF, (2014), DE LA CASA PASIVA AL ESTÁNDAR PASSIVHAUS. LA ARQUITECTURA PASIVA EN CLIMAS CÁLIDOS, BARCELONA, ESPAÑA: GUSTAVO GIL SL.

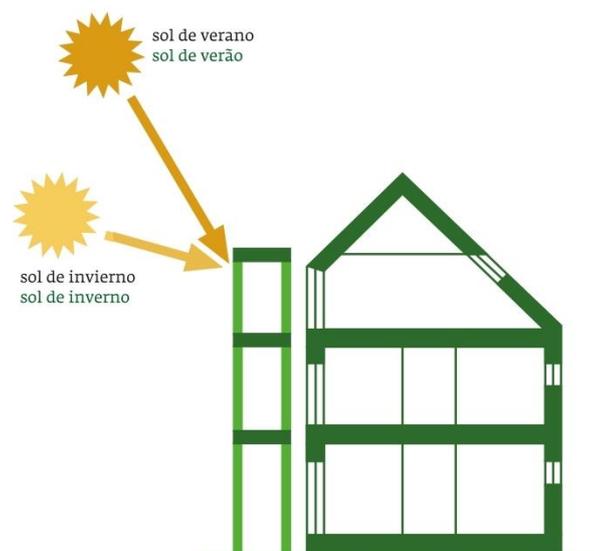
Como ya he mencionado con anterioridad, el estándar Passivhaus puede ser implementado en cualquier clima, pero siempre prestando una especial atención a la orientación más adecuada para cada uno de ellos. Esto consiste en buscar la mejor orientación consiguiendo así; la máxima iluminación natural, disminuyendo de esta forma el consumo energético para el empleo de luz artificial. Esta alta

demanda de iluminación interior debe llevarse a cabo, evitando que esto provoque un sobrecalentamiento en el interior.

De este modo podemos entender como los huecos son los encargados de transmitir esta radiación solar del exterior al interior de la vivienda, y por tanto son los puntos con mayor transmitancia térmica. Es decir, debemos tener un control fundamental en su diseño de diversos parámetros como son la orientación, el tamaño y los elementos de protección solar.

La radiación solar es la mejor fuente pasiva para calentar los edificios en invierno, una gran ventaja que en verano deja de serlo. Por lo que con el diseño debemos buscar la mejor opción para maximizar las ganancias solares en invierno y reducirlas al mínimo en verano.

La mejor manera de conseguir esos objetivos pasa por utilizar protecciones solares móviles, ya que los voladizos o protecciones fijas son menos adaptables a las posibles condiciones dinámicas del clima. Por tanto, debemos hacer un estudio sobre la mejor opción que se adapta a las necesidades de nuestro proyecto, y como va a modificar su papel en función de la época del año y por tanto del diferente ángulo de incidencia de las radiaciones solares. De esta manera podríamos recurrir a un sistema de protección horizontal en puntos de inclinación de la radiación solar alta, puesto que nos produciría sombra en verano, pero deja pasar el sol en invierno; un sistema de protección vertical en puntos de inclinaciones de menor ángulo, siendo esta indicadas para las orientaciones este y oeste, donde los sistemas de protección solar no son tan eficaces ya que el Sol está bajo y llega a incidir en ventanas y fachadas; o mediante la vegetación, como por ejemplo con la vegetación caduca en porches que permite que el sol no penetre en verano, pero a la caída de las hojas si permite que este incida en invierno.



CRITERIO DE PROTECCIÓN SOLAR EN PASSIVHAUS. FUENTE: MICHEEL WASSOUF, (2014), DE LA CASA PASIVA AL ESTÁNDAR PASSIVHAUS. LA ARQUITECTURA PASIVA EN CLIMAS CÁLIDOS, BARCELONA, ESPAÑA: GUSTAVO GIL SL.

Además de tener en cuenta la radiación solar y la energía térmica que aporta a la vivienda, no debemos olvidar la calidad de iluminación del interior de los edificios; los elementos de protección a la radiación, en general, no debería empeorar esa calidad. Puesto que una protección solar excesiva podría aumentar la demanda del edificio a causa de un aumento en la demanda de iluminación artificial, por tanto, un aumento de la demanda del consumo energético.

Por tanto, podemos tener en cuenta también protectores solares que dejen penetrar la luz al tiempo que son capaces de filtrar la entrada de radiación infrarroja, aunque estos han sido desarrollados principalmente para el sector terciario, podría ser una opción a tener en cuenta para grandes edificios.

Siguiendo el ejemplo de la gran arquitectura de la antigüedad que en su mayoría ya buscaba adaptarse al medio; en los climas fríos se dispondrá de grandes acristalamientos al sur que permitan una mayor entrada de sol y por tanto de energía solar, mientras que, en la cara norte, este y oeste de la envolvente se reducirán los huecos, aunque siempre asegurando una correcta iluminación natural. Además de esto, los muros deberán construirse de una inercia elevada de manera que sean capaces de almacenar el calor, y distribuirlo de una manera eficiente en los ambientes interiores.

En cambio, en climas cálidos conviene combinar huecos orientados al sur que cuenten con métodos de protección solar (persianas, brise-soleil, toldos, vegetación...), con huecos orientados a norte que no reciben tanto soleamiento. Además de tener en cuenta un método de refrigeración a la hora de realizar el edificio.

Es normal entender como la orientación del edificio tendrá mayor relevancia en climas cálidos, los cuales cuentan con una mayor incidencia de radiación solar; en cambio en un edificio cuya radiación va a ser baja de manera prolongada tendrá menos variación en el balance energético final si se modifica su orientación. Por tanto, no podemos entender el edificio como ente único, sino debemos entender el edificio en todo el contexto que le rodea y entender el emplazamiento en que se encuentra como elemento indispensable de su orientación y la importancia de esta.

En el caso que nos encontramos de clima centroeuropeo, sin tomar en consideración el efecto del viento, puede decirse que la mejor orientación solar del edificio es la sur, pues se maximizan las ganancias solares en invierno, que es el momento en que es necesaria esa energía solar para aportar calor al edificio de forma pasiva. De este modo podemos entender que los huecos a norte tienen un balance energético peor puesto que reciben menor radiación solar, y además las pérdidas energéticas que en ellos se produce es superior respecto a los elementos opacos de la edificación.

La orientación del edificio, además de afectar a la demanda energética a través del impacto de la radiación solar, también se ve afectada por el impacto del viento en la envolvente. Este efecto no tiene la misma importancia en todos los climas, puesto que su importancia en el diseño del edificio habitualmente es determinante en los climas más extremos, como en el caso de los climas tropicales en los que es preferible buscar una orientación capaz de captar las corrientes de aire de los vientos de manera que ayuden a disipar el calor que se crea en el interior de una forma pasiva; mientras que en los climas fríos, se debe diseñar el edificio prestando gran atención para evitar la entrada del aire frío entre las posibles juntas del edificio.

B. COMPACIDAD



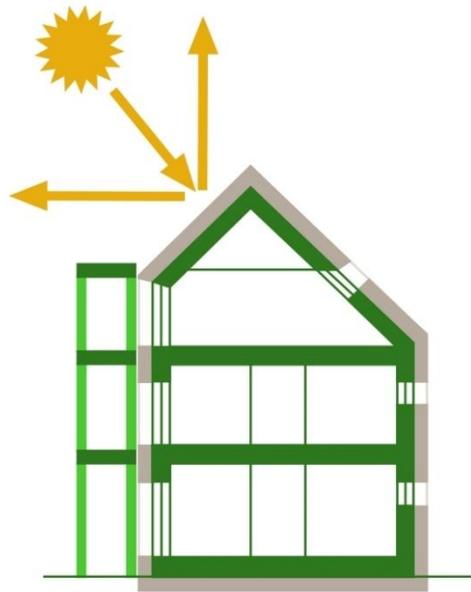
CRITERIO DE COMPACIDAD EN PASSIVHAUS. FUENTE: MICHEEL WASSOUF, (2014), DE LA CASA PASIVA AL ESTÁNDAR PASSIVHAUS. LA ARQUITECTURA PASIVA EN CLIMAS CÁLIDOS, BARCELONA, ESPAÑA: GUSTAVO GIL SL.

La compactidad se define como la relación entre la superficie de la envolvente y el volumen que esta encierra; por tanto, cuanto menor sea esta relación, mayor compactidad.

$$\text{Compactidad} = \text{Superficie (m}^2\text{)} / \text{Volumen (m}^3\text{)}$$

Por tanto, según esta definición, cuanto más compacto sea nuestro edificio, menores serán las pérdidas energéticas que se producirán a través de su envolvente, y por tanto obtendremos un mejor comportamiento térmico. Sin embargo, esto no siempre debe ser un imperativo en la construcción, y se puede buscar otro método de controlar y evitar esas pérdidas con un edificio de baja compactidad.

C. REFLECTIVIDAD TÉRMICA



CRITERIO DE REFLECTIVIDAD TÉRMICA EN PASSIVHAUS. FUENTE: MICHEEL WASSOUF, (2014), DE LA CASA PASIVA AL ESTÁNDAR PASSIVHAUS. LA ARQUITECTURA PASIVA EN CLIMAS CÁLIDOS, BARCELONA, ESPAÑA: GUSTAVO GIL SL.

Uno de los problemas que encontramos a la hora de diseñar un edificio, principalmente en climas cálidos, es la absorción de la radiación que se produce en toda la envolvente del mismo.

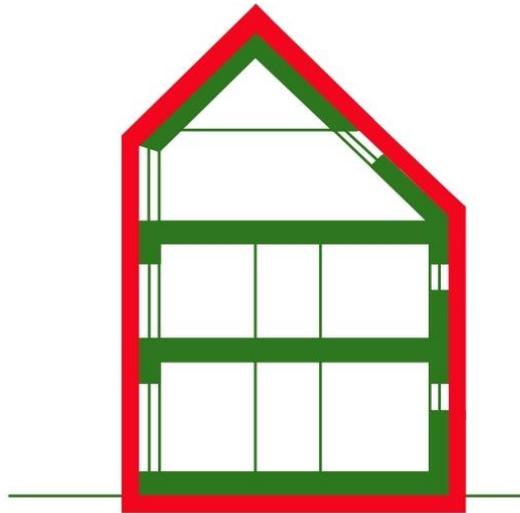
Una estrategia para disminuir esta absorción de radiación solar de los edificios en verano, pasa por aumentar la reflectividad de la envolvente de los mismos.

$$\text{Reflectividad} + \text{Absortividad} = 1$$

A mayor compacidad de reflectividad del edificio, menor absorción solar de los materiales y, por tanto, menor demanda energética para refrigerar tendremos en verano. El factor de reflectividad solar de una superficie es una propiedad física, y como tal, depende de más factores como son el color, la temperatura del ambiente y la rugosidad de la superficie.

Este criterio no es adaptable a cualquier clima, es un criterio de diseño que se ha de tener en cuenta principalmente en los climas de veranos cálidos; como por ejemplo ocurre en Santorini (Grecia) o en Ibiza (España), donde las envolventes de los edificios son de color blanco de manera que reflejen la radiación y disminuya la entrada de esta al interior.

D. ENVOLVENTE CON ALTO GRADO DE AISLAMIENTO TÉRMICO



CRITERIO DE ENVOLVENTE TÉRMICA OPACA EN PASSIVHAUS. FUENTE: MICHEEL WASSOUF, (2014), DE LA CASA PASIVA AL ESTÁNDAR PASSIVHAUS. LA ARQUITECTURA PASIVA EN CLIMAS CÁLIDOS, BARCELONA, ESPAÑA: GUSTAVO GIL SL.

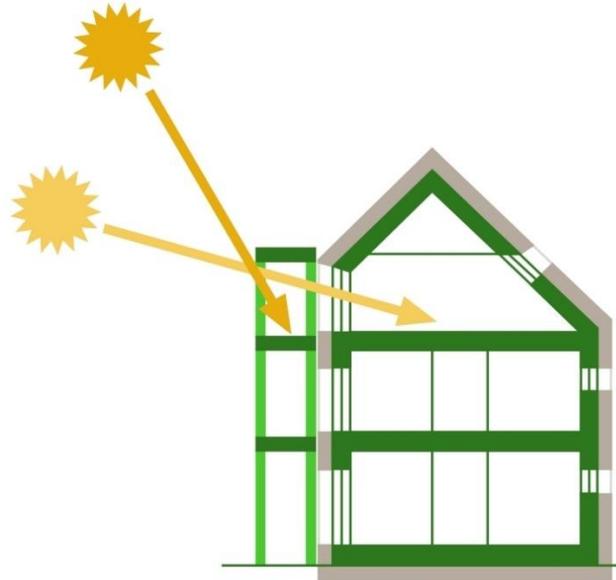
Si definimos el aislamiento térmico, es el conjunto de materiales y técnicas de instalación que se aplican en los elementos constructivos para aislar el interior de un edificio del clima exterior. Este aislamiento, por tanto, resulta muy eficaz cuando las diferencias de temperatura que encontramos interior – exterior, son elevadas; mientras que pierde su interés cuando las diferencias de temperatura son bajas. Así que debemos tener en cuenta que el aislamiento térmico por lo general, será más eficiente en invierno que las diferencias de temperatura son mayores que en verano.

Se puede tender a pensar que un aislamiento térmico elevado en verano puede ser contraproducente porque el calor acumulado durante el día en zonas de elevadas temperaturas, puede tener más dificultad de disipación durante la noche. Esto puede ser cierto en un edificio en el que el diseño no se realiza en conjunto, pero los edificios pasivos tienen cargas solares muy controladas en verano, y combinando esto con una estrategia de ventilación nocturna, podemos entender como este aislamiento no tiene por qué ser contraproducente sino todo lo contrario. Esto es dado a que entendemos el edificio en su conjunto y mientras que un alto aislamiento puede evitar que, entre parte del calor en verano, aunque dificulte también su salida, contaremos con una estrategia complementaria de ventilación que nos dará solución a este problema.

El aislamiento de la vivienda debe ser tomado como un concepto continuo, un edificio Passivhaus debería recubrirse con una piel aislante ininterrumpida; solo así pueden minimizarse los puentes térmicos y garantizar un confort elevado en el

interior. Evidentemente habrá zonas que tengan menor grosor que el resto del conjunto, pero esto deberá compensarse con otras medidas energéticas, como puede ser añadir más aislamiento térmico en otra parte.

E. ENVOLVENTE TÉRMICA SEMITRANSARENTE



CRITERIO DE ENVOLVENTE TÉRMICA SEMITRANSARENTE EN PASSIVHAUS. FUENTE: MICHEEL WASSOUF, (2014), DE LA CASA PASIVA AL ESTÁNDAR PASSIVHAUS. LA ARQUITECTURA PASIVA EN CLIMAS CÁLIDOS, BARCELONA, ESPAÑA: GUSTAVO GIL SL.

Un edificio certificado Passivhaus debe regirse por la norma internacional reconocida, la EN ISO 7730, que establece los criterios para garantizar un alto confort térmico. El primer criterio básico que nos establece esta norma es la diferencia máxima permitida de $4,2^{\circ}\text{C}$ entre la temperatura que sentimos en un espacio interior y la temperatura de la superficie interior de la envoltura térmica. De esta manera evitamos la radiación de frío de la superficie de la envoltura hacia las personas si se superara este valor máximo.

De esta manera al igual que establece este valor en el conjunto de toda la envoltura, no es menos estricto con las zonas en las que colocamos las ventanas, puesto que está visto que son el elemento más débil energéticamente hablando de toda la envoltura. Para cumplir con las condiciones de confort establecidas por el Passivhaus Institut, la transmitancia térmica U_w de una ventana, incluyendo las pérdidas que se puedan generar, no puede superar $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Además de la transmitancia, también se establece un alto factor solar que debe alcanzar el vidrio de las ventanas, este factor se define como el cociente entre la radiación solar con una incidencia normal que se introduce en el edificio a través

del vidrio y la radiación que se introduciría si el acristalamiento se cambiara por un hueco transparente, de manera que se busca el máximo aporte solar posible en invierno. Este factor, es lógico pensar que está pensado para minimizar la demanda de calefacción en invierno, por lo que también debemos considerar la forma de protección solar en verano para seguir manteniendo el confort térmico.

De esta manera podemos entender como todas las ventanas de la vivienda no deben tener el mismo factor solar, este variará en función de la orientación del mismo y el clima en el que se encuentre la vivienda. En el caso de orientaciones a Norte es evidente la búsqueda de un factor solar alto que favorezca la iluminación natural; a este y a oeste debemos contar con un factor solar bajo para no sobrecalentar el interior en la época de verano; y por ultimo a sur procuramos tener factores solares altos para disminuir la demanda de calefacción, pero siempre complementándolo de protecciones solares adecuadas para cuando no nos interese esa ganancia de calor.

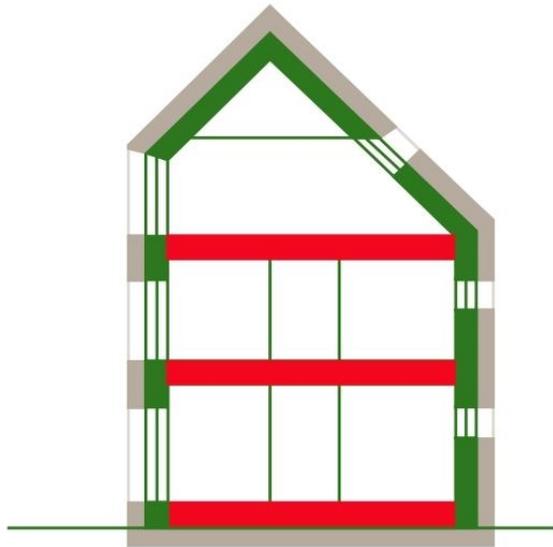
En cuanto a la colocación de ventanas en las paredes el estándar Passivhaus tiene unas prácticas estrictas que garanticen las condiciones interiores como explica Micheel Wassouf en su libro:

“La carpintería debe estar enrasada con el aislamiento térmico para minimizar el efecto del puente térmico. Además, debe tener una hermeticidad muy alta al paso del aire. Para climas cálidos, esta regla puede interpretarse más libremente siempre que se mantenga un grado de confort térmico óptimo.” (Wassouf, 2014,43)

El Passivhaus Institut también ha certificado diferentes elementos de la construcción como carpinterías, vidrios, detalles constructivos de ventanas, etc., lo cual facilita a la hora de tomar una elección para el proyecto puesto que podemos elegir un elemento que sabemos cumplirá con todos los parámetros exigidos. En el caso de las carpinterías certificadas, la mayoría combinan un núcleo con aislamiento térmico, varias micro cámaras de aire y un importante solape entre vidrio y carpintería.

Otro punto débil en la envolvente es la puerta de entrada, cuyo mayor problema reside en la hermeticidad al paso del aire. En el caso del clima centro europeo la transmitancia sitúa su valor máximo en 0,8 W/m²K, al igual que en las ventanas. En el caso de no poder garantizar estas transmitancias, podemos optar a la colocación de doble puerta de entrada de manera que garanticemos una alta hermeticidad al paso del aire.

F. INERCIA TÉRMICA



CRITERIO DE INERCIA TÉRMICA EN PASSIVHAUS. FUENTE: MICHEEL WASSOUF, (2014), DE LA CASA PASIVA AL ESTÁNDAR PASSIVHAUS. LA ARQUITECTURA PASIVA EN CLIMAS CÁLIDOS, BARCELONA, ESPAÑA: GUSTAVO GIL SL.

La inercia térmica podemos definirla como la capacidad que tiene la masa de conservar la energía térmica recibida e ir liberándola progresivamente. La inercia térmica describe la energía que sería necesaria para aumentar en un grado kelvin la temperatura de un metro cúbico de un elemento constructivo. Esta capacidad de almacenar energía de un material depende de su masa, su densidad y su calor específico; por lo que en el caso de edificaciones de gran inercia térmica las variaciones que se producirán serán más estables, con lo cual un aumento en la inercia térmica de un edificio será proporcional a un aumento de su estabilidad térmica.

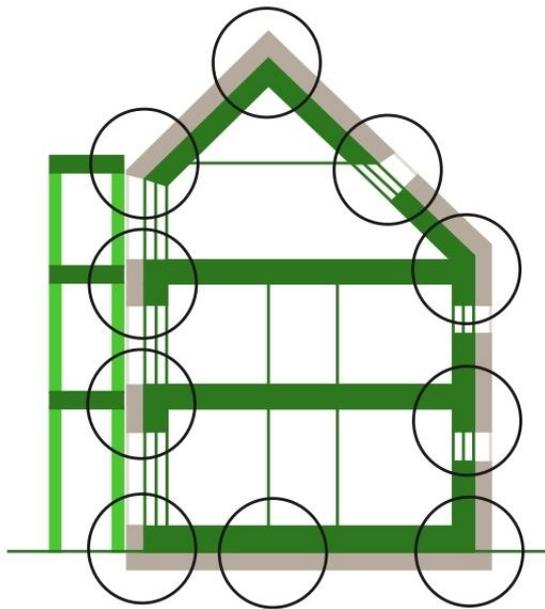
Por tanto, podemos aprovechar la inercia térmica de los edificios en dos aspectos, en amortiguar la variación de temperaturas y en el retardo de la temperatura interior respecto a la exterior. Esta variación se mide a través de la amortiguación de la onda térmica y del desfase entre las ondas térmicas en el interior en relación con el exterior durante las 24 horas que conforman un día.

En climas cálidos como en el que nos encontramos, la inercia térmica nos puede producir ventajas tanto en verano como en invierno. En verano, una alta inercia térmica nos ayuda a controlar y manejar los cambios de temperatura diurnos, ayudando a que se produzca una menor variación de temperatura, aunque también se debe contar con elementos de protección solar que nos ayuden en zonas donde la radiación solar sea excesiva. Por el contrario, en invierno nos interesa que nuestra envolvente de alta inercia térmica absorba los rayos del sol en los días de mucha

radiación, de manera que este calor se pueda disipar hacia el interior cuando la temperatura en este sea baja.

Por lo general dotar a un edificio de alta inercia térmica resulta favorable cuando el uso del mismo es un uso continuado, en el caso de edificios de uso intermitente como podría ser oficinas colegios, etc. El uso de esta estrategia podría ser contraproducente y debe ser estudiado con los parámetros de uso concretos de esta situación.

G. PUENTES TÉRMICOS



CRITERIO DE PUENTES TÉRMICOS EN PASSIVHAUS. FUENTE: MICHEEL WASSOUF, (2014), DE LA CASA PASIVA AL ESTÁNDAR PASSIVHAUS. LA ARQUITECTURA PASIVA EN CLIMAS CÁLIDOS, BARCELONA, ESPAÑA: GUSTAVO GIL SL.

Los puentes térmicos son los lugares del cerramiento, en los cuales, se produce un flujo de energía superior al resto, lo que los convierte en el punto más débil de la envolvente. Esto lleva a una variación en la temperatura que en el caso de viviendas poco aisladas con calidades energéticas muy bajas la importancia es mínima, pero en el caso de una Passivhaus en la que procuramos un aislamiento térmico de la envolvente continuo y homogéneo nos puede generar grandes problemas.

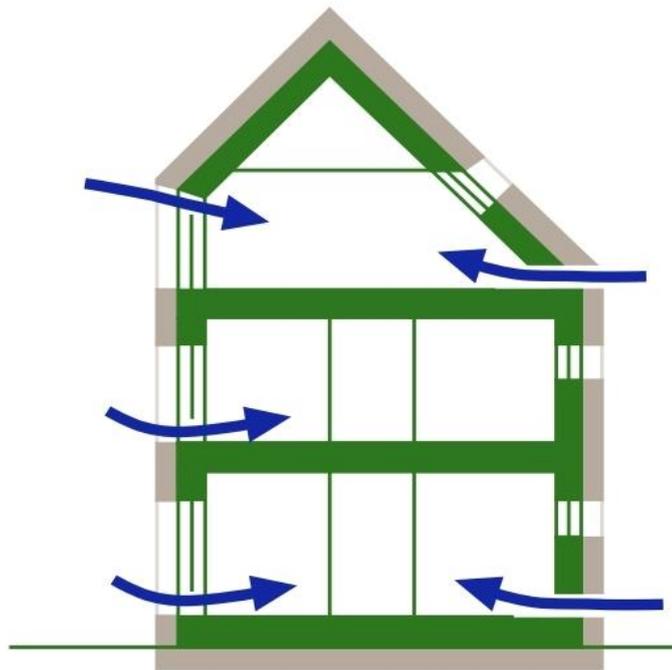
Estas diferencias en cómo pueden afectar los puentes térmicos, también son diferentes en función de la localización en la que nos encontremos, y por tanto del clima. Cuanto más alta sea la variación de temperatura entre el interior y el exterior del edificio, más importancia tendrán estos puentes térmicos ya que la variación que se producirá en ellos será mayor. Además de afectar al balance energético que tiene nuestro edificio, estos puentes térmicos también pueden afectar en otros aspectos como la salubridad, puesto que estas variaciones tan localizadas pueden

derivar en condensaciones superficiales e intersticiales, las cuales a su vez pueden derivar en el desarrollo de mohos u otros microorganismos.

Debemos diferenciar dos tipos de puentes térmicos, los puntuales y los lineales, siendo estos últimos los que más problemas ocasionan. Dentro de los puentes térmicos lineales debemos diferenciar además si son constructivos, cuando el cerramiento cambia su grosor; si son geométricos, como en las esquinas, donde contamos con una superficie exterior mucho mayor que la interior; o debidos a cambios en el material, cuando en algún punto podemos encontrar un material con una conductividad térmica alta respecto al cerramiento habitual.

Para intentar minimizar los efectos que puedan ocasionar los puentes térmicos, El Passivhaus Institut ha establecido unas reglas: lo primero de todo evitarles, procurando no fracturar la continuidad del aislamiento térmico; después en el caso de no poder evitar la rotura, en esos puntos debemos procurar utilizar elementos que tengan una conductividad muy baja; y por ultimo intentar conectar los diversos elementos constructivos de la edificación evitando interrumpir el aislamiento térmico del mismo.

H. HERMETICIDAD AL PASO DEL AIRE



CRITERIO DE HERMETICIDAD AL PASO DEL AIRE EN PASSIVHAUS. FUENTE: MICHEEL WASSOUF, (2014), DE LA CASA PASIVA AL ESTÁNDAR PASSIVHAUS. LA ARQUITECTURA PASIVA EN CLIMAS CÁLIDOS, BARCELONA, ESPAÑA: GUSTAVO GIL SL.

Puesto que en esta tipología de edificios contamos con un aislamiento térmico muy elevado, debemos tener en cuenta en el diseño de las juntas constructivas evitar al

máximo la posible entrada por estas de aire del exterior, de manera que se produzcan infiltraciones de aire no controladas, las cuales, generalmente son las causantes de gran parte de las pérdidas de energía. Estas infiltraciones de flujo en invierno suelen producirse del interior al exterior disipándose así el aire caliente y perdiendo energía, y en verano el aire caliente entra en el interior lo cual también nos perjudica para lograr el confort térmico.

Esta hermeticidad elevada además desfavorecer un ahorro energético controlando las pérdidas energéticas, también nos disminuye el riesgo de condensaciones producidas por convección cuando el aire atraviesa la envolvente del edificio, aunque se debe diseñar un sistema de ventilación artificial que de manera controlada nos ventile el edificio de manera que también evitemos otro tipo de condensaciones. Aunque debemos distinguir la hermeticidad al aire de los edificios con la capacidad de respirar que tienen los mismos, puesto que los edificios “respiran” por las ventanas y huecos y no por la piel opaca del mismo.

Esta hermeticidad al aire, sumado a un alto aislamiento térmico, también nos dan como resultado una mejora notable en cuando a las prestaciones de la protección acústica del edificio.

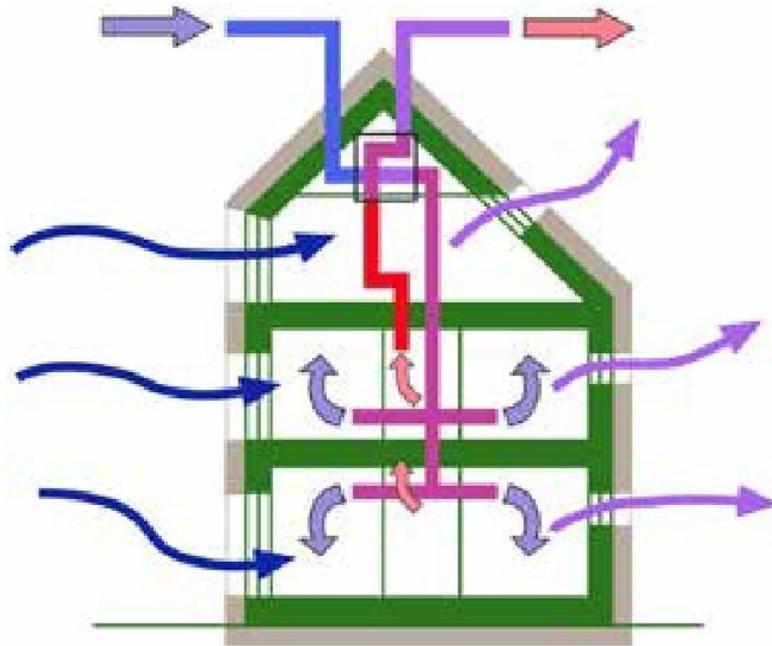
Al igual que en todos los criterios, el clima en el que nos encontremos determinara la importancia que la hermeticidad adquiere en el diseño del edificio, siendo de gran impacto en climas fríos en los cuales la entrada de aire frío y salida de aire caliente provoca grandes pérdidas, al contrario que en los climas tropicales que las temperaturas interiores y exteriores sufren bajas variaciones.

Para poder controlar la hermeticidad de un edificio, este criterio debe partir de la fase de proyecto de manera que podamos definir para cada elemento constructivo cual es el plano y el material que garantiza la estanqueidad; una vez lo tengamos definido, debemos asegurarnos que este plano es continuo y envuelve todo el espacio calefactado controlando además los encuentros entre los diferentes elementos constructivos; y por ultimo disminuir al mínimo las penetraciones de elementos constructivos como tubos, enchufes, etc.

Por tanto, para diseñar un edificio pasivo, debemos conseguir que todas las infiltraciones de aire sean controladas de manera que podamos asegurar que el aire infiltrado cuenta con las condiciones óptimas de calidad, frescor, impurezas y con condiciones de temperatura e higrométricas dentro de los parámetros recomendados. Además de esto debemos de tener en cuenta que los parámetros deben ser los óptimos, porque en casos como la humedad relativa no es recomendable para el bienestar ni para la salud que esté por encima ni por debajo de lo recomendable.

Una vez nos encontramos en fase de obra no debemos dar por hecho que todo está tal como se planteó en proyecto, y para comprobar que los niveles son los adecuados se debe realizar el test de Blower-Door.

I. VENTILACIÓN



CRITERIO DE HERMETICIDAD AL PASO DEL AIRE EN PASSIVHAUS. FUENTE: MICHEEL WASSOUF, (2014), DE LA CASA PASIVA AL ESTÁNDAR PASSIVHAUS. LA ARQUITECTURA PASIVA EN CLIMAS CÁLIDOS, BARCELONA, ESPAÑA: GUSTAVO GIL SL.

El principal objetivo que se busca a través de la ventilación es conseguir una calidad higiénica de los espacios interiores del edificio y garantizar una correcta extracción de los agentes que puedan ser perjudiciales para el edificio o los individuos que lo habiten.

Dentro de estos agentes podemos encontrar CO₂ y otros gases nocivos como el radón, vapor de agua, componentes orgánicos volátiles y olores de la actividad humana. En el caso de los gases, dado que el CO₂ es un agente fácilmente medible e ha establecido como unidad de referencia de la calidad higiénica de los espacios interiores, lo cual en los momentos que nos encontramos se ha extendido a pasos agigantados y ya se utiliza como medida de referencia en la mayoría de edificios públicos del país. Está demostrado como una alta concentración de CO₂ en un espacio reduce la capacidad intelectual de los humanos, de manera que los medidores de CO₂ junto con los purificadores de aire son elementos que gracias a los momentos que vivimos están llegando para quedarse, y podemos entender como esto mejorara la calidad del aire de muchas estancias.

En el caso del vapor de agua que producen los humanos, incluyendo en esto las actividades propias del día a día como cocinar o ducharse, podemos llegar a niveles de humedad relativa media del 80%, lo cual extendido en un periodo medio largo de tiempo puede favorecer la aparición de mohos u hongos en la superficie interior

de la envolvente. Por otro lado, los olores de la actividad humana también deben considerarse un factor a tener en cuenta, ya sea en niveles bajos como un adulto normal con vida sedentaria o un niño, o con niveles altos como un gran fumador.

Por tanto, teniendo en cuenta todos los factores que afectan a deteriorar la calidad higiénica de un espacio, y que el modelo de vida actual se desarrolla principalmente en interiores, podemos comprender como la ventilación de los edificios es un aspecto primordial a tener en cuenta en el diseño y proyección de un edificio.

Dentro de la ventilación de un edificio podemos encontrar diferentes tipos de la misma: ventilación natural, ventilación híbrida (extracción controlada del aire, pero admisión del mismo de forma natural) y ventilación controlada de doble flujo (llevando control tanto en la admisión como en la extracción).

La ventilación natural pese a ser aparentemente la más básica, resulta importante contar con un diseño óptimo de manera que la favorezcamos, y no al contrario. Esta ventilación suele tomar importancia en los edificios proyectados en zonas cálidas puesto que las diferencias de temperatura no son elevadas y la ventilación natural diurna y una baja hermeticidad puede provocar corrientes de aire que mejoren el confort climático por convección, teniendo que tener muy en cuenta para el diseño un análisis exhaustivo de los vientos. En otras zonas donde las temperaturas pese a ser cálidas disminuyen en el exterior respecto al interior de noche, la ventilación natural se utiliza en ese momento para descargar el calor acumulado durante el día y de esta manera refrescar el espacio.

Dentro de la ventilación natural, encontramos dos maneras distintas de realizarla: ventilación cruzada y ventilación por estratificación. La primera está basada en las diferencias de presión del viento que se generan dependiendo del sitio y de la hora, altas presiones a sotavento y bajas presiones a barlovento. Esta ventilación se consigue disponiendo en un entorno aberturas en paredes opuestas o adyacente, lo cual permite la entrada y salida de aire, y la creación de corrientes. Y la segunda basada en el fenómeno por el cual la temperatura del aire no se mantiene uniforme ni homogénea, sino que podemos observar una superposición de capas de temperatura desde el suelo hasta el techo, como consecuencia natural del aumento de la temperatura en el interior, ascendiendo el aire caliente a la zona superior y manteniéndose el aire frío en el inferior. Debemos comprender como la ventilación natural posee ciertas limitaciones, ya que al depender del medio se puede ver perjudicada por la contaminación acústica, los agentes contaminantes del aire exterior, la escasez de viento que cree las corrientes, posibles lluvias o tormentas, falta de seguridad al abrir las ventanas etc. Además de esto, la estrategia de ventilación natural no es similar en todos los momentos del día puesto que las condiciones climatológicas de soleamiento no son similar, por lo que el usuario debería controlar los parámetros para conseguir la óptima ventilación en cada

momento y esto no sucede; con lo cual la mayor parte de viviendas deben de contar con un sistema de ventilación que no dependa en su totalidad del usuario.

Por tanto, como la ventilación natural normalmente no es suficiente, podemos encontrar una opción a medio camino entre ella y la ventilación controlada de doble flujo, esta es la ventilación híbrida. Esta ventilación consiste en crear ventiladores de extracción de aire en los locales húmedos, como son baños y cocina; y además creando aberturas en las fachadas para permitir la entrada de aire. Este tipo de ventilador es eficaz porque genera una ventilación constante pero no eficiente puesto que no podemos recuperar la energía que se escapa por los conductos de extracción. Además, en la mayoría de viviendas debido a las frías temperaturas en el exterior muchos usuarios tienden a sellar las aberturas de fachada para evitar la pérdida de energía. Aun con las deficiencias este sigue siendo un buen método de ventilación para viviendas que se encuentren en climas suaves.

Por último, la última forma de ventilación que nace con la intención de mejorar la ventilación híbrida sería la ventilación controlada con recuperador de calor. Este tipo de ventilación es más eficiente puesto que al primer sistema controlado de extracción de aire añade un segundo sistema de admisión de aire. El sistema de admisión de aire cuenta con un recuperador de calor que nos permite transmitir la energía del aire saliente al caudal de aire entrante, por tanto, este sería el sistema de ventilación preferido para los edificios Passivhaus.

Para poder contar con una ventilación controlada con recuperador de calor debemos de tener en cuenta en proyecto todos los elementos que la conforman: máquina de recuperación de calor, conductos de admisión del aire fresco, conductos de extracción del aire viciado y componentes añadidos opcionales que mejoren el funcionamiento. Este sistema funciona con un ventilador que mueve el aire "limpio" del exterior al interior, y el otro extrae el aire viciado del interior al exterior. Para favorecer que el aire que entra del exterior se encuentre "limpio" de partículas u otros componentes la máquina de recuperación de calor cuenta con un filtro encargado de adaptarse. En invierno el calor del aire del interior se traspassa al aire frío exterior, mientras que en verano si tenemos una temperatura interior más fría que el exterior, ese frío también podría ser recuperado.

El sistema de ventilación no va a encontrarse en funcionamiento y ritmo constante, sino que este se adaptara a las necesidades del usuario, la época del año y si este se encuentra o no en la vivienda. Cuenta con 4 modalidades de funcionamiento: apagado, encendido con caudal de consigna, encendido con caudal básico y encendido con caudal intensivo. Dentro de estas modalidades se recomienda el caudal básico cuando el usuario no se encuentra en el edificio y el intensivo cuando hay más gente de la habitual o se va a utilizar la cocina.

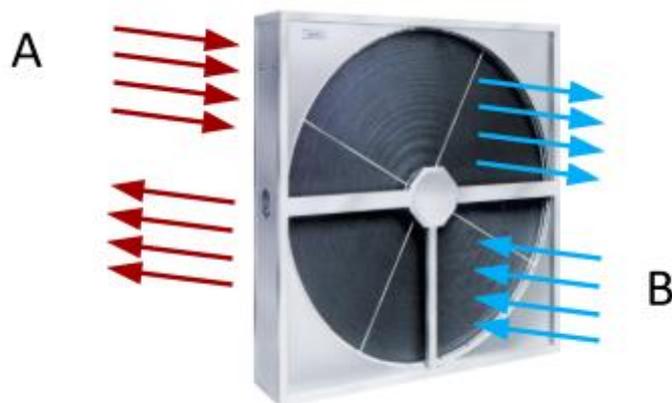
RECUPERADOR DE CALOR

El recuperador de calor es una máquina que nos permite recuperar parte de la energía del aire climatizado que tenemos en el interior de nuestro edificio, mediante un intercambiador que se encarga de poner en contacto el aire interior que extraemos con el aire exterior que introducimos, pero son que se mezclen los dos circuitos.

En el intercambiador por el que circulan los aires de extracción y de admisión, cada corriente de aire está en contacto con las superficies sólidas donde se produce la cesión de calor del aire más caliente con el aire más frío.

Este intercambiador que nos permite ceder calor al aire admitido procedente de la entalpia contenida en el aire extraído, podemos encontrarle en diferentes tipos, dinámicos (rotativos) y los estáticos (de placas). En el caso de los de placas encontramos intercambiadores de flujos paralelos y de flujos cruzados.

Los intercambiadores rotativos están constituidos de una rueda con conductos de pequeño diámetro paralelos entre ellos y un pequeño motor que lo acciona. Esta rueda se encuentra dividida por la mitad circulando un flujo de aire por el semicírculo superior y el otro por su semicírculo inferior. Este tipo de intercambiador suele ser usados para grandes caudales y su rendimiento puede superar el 80%.



INTERCAMBIADOR ROTATIVO. FUENTE: SOLER Y PALAU

En el caso de los intercambiadores de placas, constan de unas placas muy finas de aluminio o plástico paralelas entre ellas, entre las cuales alternativamente circulan el flujo de aire por una cara y el de entrada por la otra, de manera que el calor se cede a la superficie sólida. De esta forma el calor pasa de un flujo al otro a través de las placas.

Dentro de estos intercambiadores, los que adoptan la forma constructiva de flujo cruzado, cuentan con una sección cuadrada, de manera que los flujos de aire atraviesan el intercambiador de calor en direcciones perpendiculares. Este tipo de intercambiadores son los más usados en los aparatos domésticos ya que su

rendimiento puede superar el 60% manteniendo una simplicidad y un coste relativamente moderado.



INTERCAMBIADOR DE FLUJO CRUZADO. FUENTE: SOLER Y PALAU

En el caso de los intercambiadores de placas de flujo paralelo, encontramos como tienen un rendimiento bastante superior al de los anteriores, que puede superar el 90%, pero a su vez el coste de estos también es más elevado. En estos intercambiadores ambos caudales de aire circulan paralelos y a contracorriente en el interior, con lo cual, el tiempo y la superficie de intercambio es mayor y por tanto, se incrementa la capacidad de recuperación.



INTERCAMBIADOR DE FLUJO PARALELO. FUENTE: SOLER Y PALAU

En zonas climatológicas en las que la temperatura exterior es similar al interior, el recuperador de calor tendría un rendimiento energético muy bajo, por lo que su instalación puede no tener mucho interés económico. Pese a estos habría que evaluar si el interés de colocarle recae en otros factores como la contaminación acústica del exterior, la contaminación del aire, etc.

Además de esto, debemos tener en cuenta a la hora de realizar nuestro proyecto Passivhaus que es aconsejable utilizar recuperadores certificados, y estos tienen un rendimiento mínimo del 75%.

2.3 SISTEMAS ACTIVOS DE CLIMATIZACIÓN DEL ESTÁNDAR PASSIVHAUS

2.3.1 BOMBA DE CALOR

La bomba de calor es un sistema basado en un ciclo frigorífico, que consiste en la extracción de energía del exterior, y la transmisión de esta al interior del recinto. El funcionamiento de este ciclo podremos asimilarlo al funcionamiento del frigorífico de nuestra vivienda, salvo porque la bomba de calor puede ser utilizada para suministrar calor y frío invirtiendo el ciclo de funcionamiento. En el modo calor, el medio exterior es utilizado para elevar la temperatura del foco frío del ciclo, y en el modo frío el medio exterior se utiliza para bajar la temperatura del foco caliente.

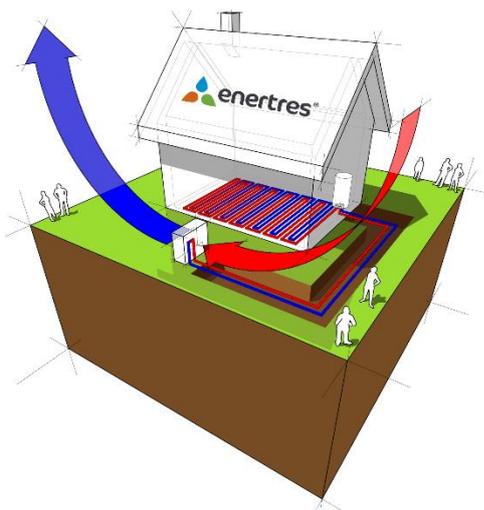
Según la fuente de energía utilizada, podemos diferenciar distintas bombas de calor: las bombas de calor que utilizan el aire exterior para obtener la energía, se denominan aerotermia; las cuales utilizan el subsuelo para extraer la energía se denominan geotermia; y las que utilizan el agua de cauces o del mar se denominan hidrotermia.

Además de esta clasificación, también podemos dividir los diferentes tipos de bombas de calor en función del medio de intercambio de calor: como son los sistemas con intercambio aire – gas (aerotermia), los sistemas con intercambio aire – agua (aerotermia), los sistemas con intercambio agua – agua (hidrotermia y geotermia), y los sistemas con intercambio agua – gas (hidrotermia y geotermia).

Los primeros sistemas aire-gas funcionan intercambiando el calor/frío del aire exterior al gas, y este es transmitido directamente a la vivienda a través de conductos. Los sistemas de aire-agua funcionan intercambiando el calor/frío del aire exterior al gas, y de ahí es transmitido al agua encargado de calefactar – refrigerar la vivienda mediante radiadores o suelo radiante. Y por último los sistemas utilizados en geotermia e hidrotermia, los cuales, intercambian el calor del agua con el gas; y posteriormente este gas es calentado/refrigerado directamente (sistemas agua-gas) o se transmite el calor al agua y de ahí, circula a través de un circuito de radiadores o suelo radiante (sistema agua-agua).

AEROTERMIA

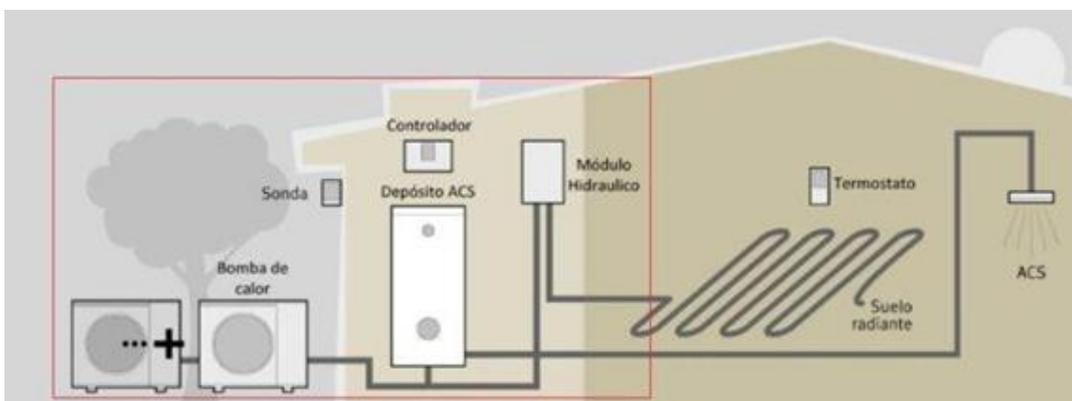
La aerotermia es la tecnología que se caracteriza por el uso principalmente de la energía del aire para climatizar los diferentes espacios. La bomba de calor aire-agua es la más utilizada en esta tecnología, con lo que, la energía del aire es aprovechada e intercambiada con el agua para obtener calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria (ACS). Al ser el aire exterior la fuente de energía principal, la temperatura del mismo influirá en el rendimiento de la bomba de calor.



ESQUEMA FUNCIONAMIENTO AEROTERMIA EN VIVIENDA. FUENTE: ENERTRES.

Dado que la mayor cantidad de energía no se produce, sino que un 75-80% de esta energía es aportada del ambiente a la vivienda, frente a la mínima parte que se obtiene de forma eléctrica. Podemos entender esto como nos permite grandes ahorros con respecto a sistemas energéticos con fuentes de energía combustibles fósiles; y además es considerada como una fuente de energía limpia y muy eficiente, puesto que en la bomba de calor no se produce combustión interna y no hay propagación de humos.

La presencia en el mercado de bombas de calor con aerotermia ha aumentado mucho en los últimos años, y esto es debido a la gran apuesta por energías renovables y más eficientes frente a los combustibles utilizados tradicionalmente como carbón, gas o gasoil. Las bombas de calor con aerotermia, se dice que son muy eficientes puesto que presentan un COP (Coeficiente de Performance) muy alto, entre 4 y 5 según el fabricante; esto quiere decir que por cada KW/h de electricidad que consume la bomba, este tipo de equipo puede generar 4 o 5 KW/h. Este consumo eléctrico es utilizado para hacer funcionar el motor que conforma el compresor de la unidad terminal.



ESQUEMA INSTALACIÓN AEROTERMIA EN VIVIENDA. FUENTE: VÍA DAIKIN.

En cuanto al funcionamiento, los conceptos básicos se asemejan a los de otras calderas: está compuesto por dos unidades terminales, una exterior y una interior.



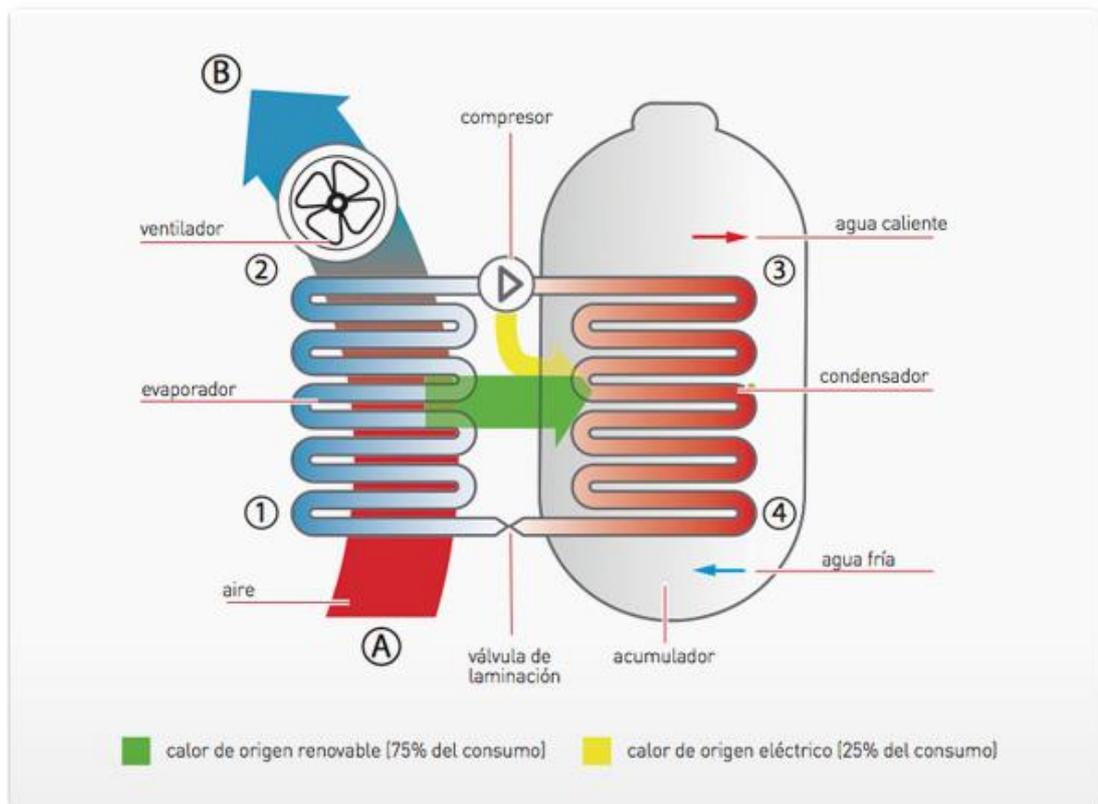
INSTALACIÓN INTERIOR DE AEROTERMIA. FUENTE: FECCJUSA



UNIDAD EXTERIOR AEROTERMIA. FUENTE: VAILLANT

La bomba de calor está formada por un compresor, una válvula de expansión y dos intercambiadores de calor (el evaporador y el condensador).

El principio de funcionamiento es el siguiente: en el **evaporador** se produce el primer intercambio de energía entre el aire exterior y el refrigerante que se encuentra en su interior, con lo cual conseguimos un cambio de estado de líquido a gaseoso. El refrigerante que se ha evaporado pasa al **compresor**; el cual sufre un proceso de compresión accionado por un motor eléctrico, y se logra elevar la temperatura del refrigerante. El gas que hemos comprimido llega al **condensador**, donde se vuelve a producir otro cambio de fase, esta vez a líquido. Durante este proceso de condensación se produce una cesión de energía del refrigerante al circuito hidráulico liberando la energía requerida para cubrir las necesidades de calefacción y ACS de la vivienda. Por último, el refrigerante pasa a la **válvula de expansión**, donde reduce su presión y temperatura y vuelve al evaporador en unas condiciones óptimas para que se reinicie el proceso.



FUNCIONAMIENTO BOMBA DE CALOR AEROTERMIA. FUENTE: PANSOGAL

Cuando la demanda sea de frío, en vez de calor, el ciclo termodinámico de la bomba de calor se invierte, y se consigue el efecto contrario, absorbe el calor del interior de la vivienda y cede este al ambiente

Dentro de la instalación de aerotermia podemos encontrar dos tipos diferentes:

- Biblock.

Se denomina así porque la bomba de calor está dividida en dos elementos: por un lado, una unidad exterior, el evaporador, que es el encargado de absorber el calor del aire; y por otro lado la unidad interior, el condensador, que es la unidad que se encarga de transmitir el calor del aire a los diferentes usos.

La unidad interior por lo general suele tener incluida el depósito de ACS, aunque también podríamos encontrar los dos elementos por separado.

Esta instalación requiere más espacio que el otro tipo en la sala de máquinas o espacio destinado a ello, pero gracias a ello el condensador se encuentra en el interior de la vivienda, por lo que contaremos con un mayor rendimiento y una mayor durabilidad.

- Monoblock.

Se denomina así porque en la maquina exterior encontramos juntos el evaporador y el condensador, por lo tanto, en el interior de la vivienda solo deberemos colocar el depósito de ACS.

En este tipo de sistema la unidad exterior al tener todo integrado tiene mayor volumen que las unidades exteriores biblock, pero las tuberías que unen el sistema no son frigoríficas por lo que tiene una instalación menos compleja.

¿Cómo suministramos la aerotermia en la vivienda? Podemos disponer de calefacción aerotermia en sistemas aire-aire mediante equipos de aire como splits, conductos, etc. Y en sistemas de aire-agua mediante radiadores, fancoil, suelo radiante o techo radiante.

Valorando estas diferentes formas de calefacción podemos definir el suelo radiante como la mejor opción debido a sus ventajas frente a otros sistemas, principalmente por la enorme superficie de disipación de calor/frío. Esta amplia superficie favorece a los sistemas de aerotermia dado que las temperaturas de impulsión de agua con las que trabaja son muy bajas en modo calefacción lo cual mejora notablemente la eficiencia del sistema; también esto nos lleva a operar con temperaturas más altas en modo refrigeración y que estas temperaturas se mantienen por debajo del punto de rocío, con lo cual, no se crean condensaciones en la superficie del suelo.

Los motivos que están llevando actualmente a una mayor instalación de sistemas de calefacción por aerotermia son: alta eficiencia respecto a otros sistemas de calefacción (solo se vería superada por la geotermia), se adapta a cualquier sistema de calefacción nuevo o existente, pudiéndose aprovechar conducciones, suelo radiante o incluso radiadores, lo cual favorece la sustitución de calderas de combustibles fósiles (aunque como hemos comentado anteriormente, para aprovechar al máximo el rendimiento la mejor opción es el suelo radiante). Este sistema al ser capaz de suministrar calefacción como refrigeración simplifica la climatización a un sistema único, y además reducimos considerablemente el impacto medioambiental y es más segura, puesto que, al no haber combustión, no hay humo ni residuos.

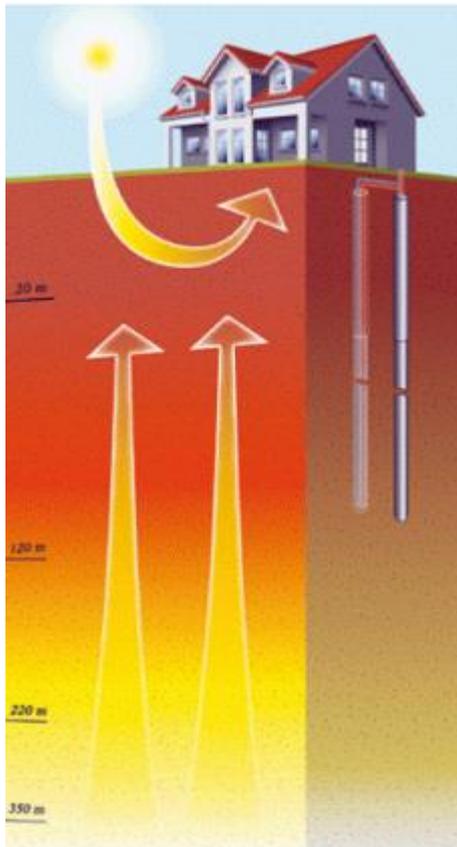
GEOTERMIA

La geotermia es la tecnología que aprovecha la energía acumulada debajo de la superficie de la tierra. El interior de la corteza terrestre está formado por magma, un tipo de roca líquida de elevada temperatura que, junto con el calentamiento de manera natural de la superficie y la parte inferior de la tierra durante el día por el Sol, se obtienen elevadas temperaturas que aprovecha la calefacción geotermia para distribuir en toda la vivienda. De esta manera, tenemos bajo nuestros pies una importante fuente energética eficiente y respetuoso con el medio ambiente.

Esta energía se consigue mediante los diferentes sistemas de captación que realizan el intercambio con el terreno; por tanto, podemos decir que la energía geotérmica es una de las energías renovables más eficientes puesto que se puede aprovechar

24 horas al día, los 365 días del año. De esta manera, nos permite calentar la vivienda en invierno, refrigerarla en verano y producir ACS durante todo el año.

La energía del interior de la tierra es muy elevada en zonas de la tierra donde existen volcanes o abundan manantiales de agua caliente. En estos lugares esa energía es utilizada para suministrar agua caliente y calefacción en las viviendas, pero esto no es lo que sucede en la mayor parte del planeta. En la mayor parte del territorio de la tierra en el subsuelo, encontramos una temperatura estable entre 7°C y 14°C gracias al calor que produce el núcleo del interior del planeta.



LA RADIACIÓN SOLAR Y LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA INTERIOR DE LA TIERRA PARA SU USO GEOTÉRMICO. FUENTE: GÉOTHERMIE. L'UTILISATION DE LA CHALEUR TERRESTRE. SUISSE ÉNERGIE.

Además de la producción de energía calorífica, la tierra también nos proporciona una gran inercia térmica del subsuelo, es decir una gran resistencia al cambio de temperatura, lo cual permite disponer de esta fuente de energía calorífica a una temperatura constante.

La variación de temperatura a medida que nos acercamos al núcleo de la tierra es conocido por gradiente geotérmico y aumenta aproximadamente unos 25-30°C por kilómetro de profundidad. Por tanto, toda energía contenida en el interior de la tierra se considera geotermia, pero no toda es usada de la misma manera.

Según la temperatura a la que nos encontremos podemos diferenciar 4 tipos de energía geotérmica: con temperaturas superiores a 150°C (alta temperatura) cuya utilización es exclusiva de producción de electricidad; con temperaturas entre 100-150°C (media temperatura) cuya utilización es generación de electricidad y térmica

industrial; con temperaturas entre 30-100°C (baja temperatura) cuyo uso es el aprovechamiento térmico en industrias, en calefacción y ACS; y por ultimo con temperaturas inferiores a 30°C (muy baja temperatura) cuyo uso es nuestro caso de estudio que es la calefacción, refrigeración y ACS mediante bomba de calor.

En España la energía geotérmica se puede obtener a partir de una profundidad mínima de 1,5m; y contamos con un flujo de energía geotérmica que se mantiene prácticamente estable entre 10 – 15 grados durante todo el año, lo que nos lleva a considerarlo una tecnología óptima para el intercambio de calor/frío necesario.

La temperatura del subsuelo estable a 15°C puede ser usada para la generación del calor en invierno, dado que subsuelo tiene mayor temperatura que el ambiente; y para la generación del frío en verano, puesto que la temperatura del subsuelo es bastante inferior a la exterior en esa época del año.

Para poder obtener este calor que produce la tierra será necesario excavar y enterrar sondas de captación, es decir unas tuberías con liquido caloportador, con una profundidad dependiente del tipo de vivienda y el terreno. El líquido caloportador de las sondas o tuberías, es el encargado de absorber el calor del suelo y dirigirse a la bomba de calor geotérmica, donde será extraído en un circuito frigorífico por medio de un compresor alimentado por energía eléctrica.

La extracción del calor no tiene una única forma, sino que existen diferentes sistemas de captación:

1. Captación horizontal cerrada:



ESQUEMA DE UNA CAPTACIÓN HORIZONTAL CERRADA. FUENTE: REHAU

La captación horizontal cerrada es la solución de captación más económica del mercado, pero necesita de la disposición de un terreno suficiente. Consiste en una red de tubos de entre 25 y 40mm de diámetro, cuyo material es plástico de alta densidad, que se colocan en disposición horizontal sobre el terreno a una profundidad de 1-1,5 metros, por el que circula el fluido refrigerante (agua + glicol, anticongelante) encargado de captar el calor del terreno, creando de esta manera un circuito cerrado.

Por tanto, para poder conseguir la energía necesaria para el circuito de la vivienda, necesitamos disponer de una amplia superficie para colocar el circuito.

Este sistema, a causa de la poca profundidad a la que se entierran las tuberías (1-1,5 metro), el clima tiene gran influencia; puesto que el terreno pasa a ser acumulador de la energía que cede el Sol, pasando la energía geotérmica a un papel secundario.

Esta escasa profundidad también tiene otras desventajas como la facilidad de sufrir una rotura al encontrarse más expuesta, además de la necesidad de más energía eléctrica para el compresor, ya que la energía extraída de la superficie tiene una temperatura menor a aquella que se encuentra a mayor profundidad.

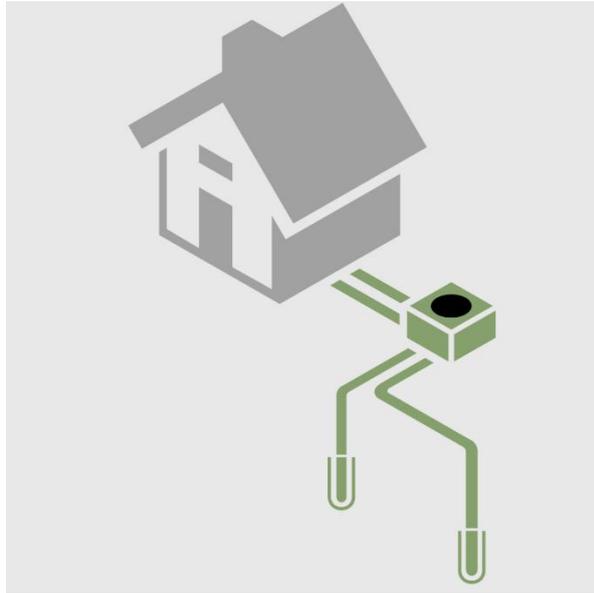
2. Captación vertical cerrada

La captación vertical cerrada se suele llevar a cabo como alternativa cuando no disponemos de terreno suficiente para establecer una captación horizontal, o la demanda energética es superior a la que conseguiríamos con el sistema anterior, o incluso con preexistencias de canalizaciones anteriores que nos dificultaran la instalación. Este tipo de captación tiene un coste más elevado, dado que requiere de una maquinaria especializada para la creación de pozos en profundidad.

Este tipo de sistema de captación tiene bastantes ventajas frente al anterior, a excepción del coste; como es una disminución considerable del espacio necesario, disminución de la energía eléctrica requerida para el compresor debido al aumento de la temperatura y por tanto aumento del calor recogido; y por último, un mayor rendimiento puesto que la temperatura ambiente no afecta al calor de obtención puesto que se encuentra más profundidad y esto produce una gran estabilidad.

Dentro de la captación vertical cerrada, tenemos dos opciones de sistemas en función de las diversas situaciones de construcción del edificio:

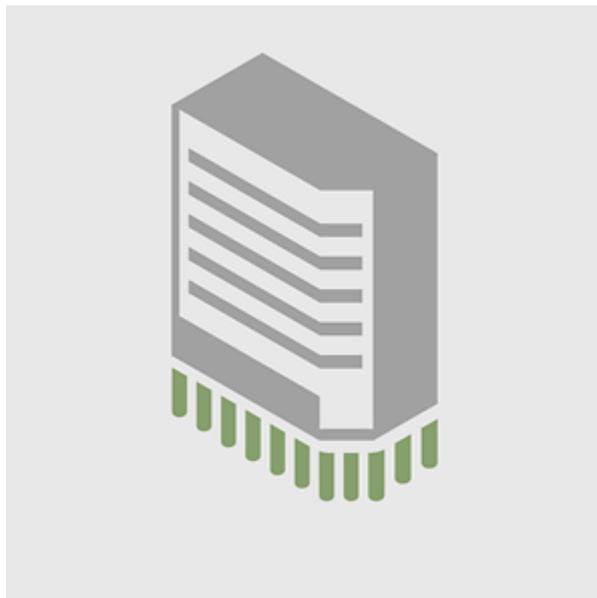
2.1 Sonda de captación / Pozos



ESQUEMA DE UNA CAPTACIÓN VERTICAL CERRADA MEDIANTE SONDAS EN POZOS.
FUENTE: REHAU

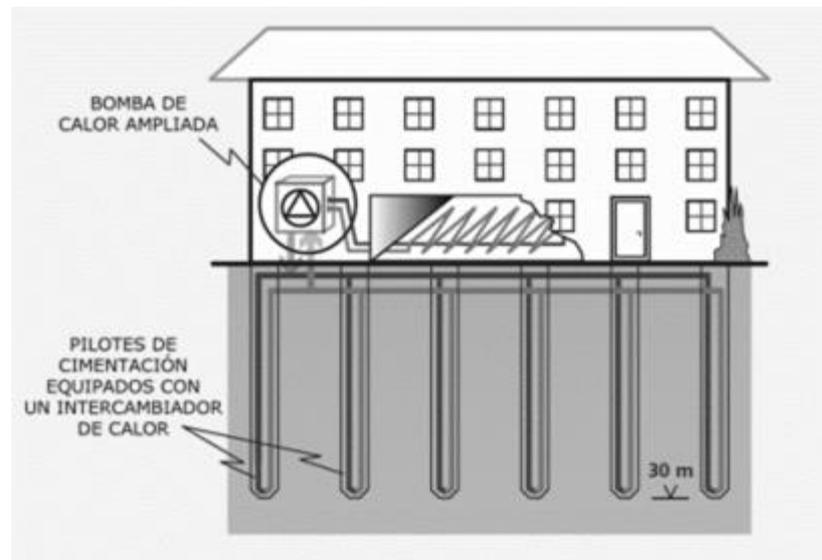
Esta solución consiste en crear una o varias perforaciones en el terreno de 30-150 metros de profundidad, e insertar en ella la sonda de captación geotérmica formada por una tubería de plástico de alta densidad, por la cual, circulara el fluido refrigerante (agua + anticongelante) e intercambiara el calor con el terreno circundante.

2.2 Sonda en pilotes

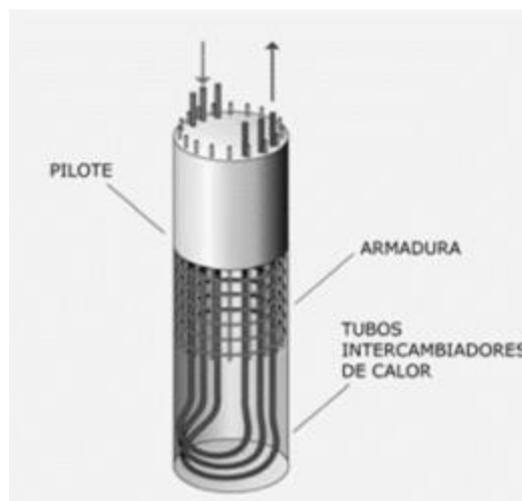


ESQUEMA DE UNA CAPTACIÓN VERTICAL CERRADA MEDIANTE SONDAS EN PILOTES.
FUENTE: REHAU

En casos de edificaciones, en las cuales, por razones de cimentación y escasa resistencia del terreno, es necesario disponer de pilotes, estos elementos son aprovechados para la captación de energía geotérmica de manera que se integran sondas en las armaduras. De esta manera se crean los pilotes energéticos.



SISTEMA DE PILOTES ENERGÉTICOS PARA CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN. FUENTE: INFOS-GEOTHERME N°1. SUISSE ÉNERGIE, 2001)



TUBOS INTERCAMBIADORES DE CALOR INTEGRADOS EN UN PILOTE PARA CIMENTACIÓN. FUENTE: GEOTHERMAT ENERGY, CLAUSE, 2006)

Esto nos genera una ventaja respecto a la instalación, pues aprovechamos unos elementos necesarios para la construcción del edificio, y evitar realizar sondeos exclusivos para geotermia. Dado el gran volumen que se ve afectado, sería suficiente con insertar en el interior de parte o todas las piezas de hormigón que conforman la cimentación, los tubos de polietileno por los cuales, circulara fluido refrigerante (agua + anticongelante), conectándolos posteriormente a un circuito cerrado con la bomba de calor.

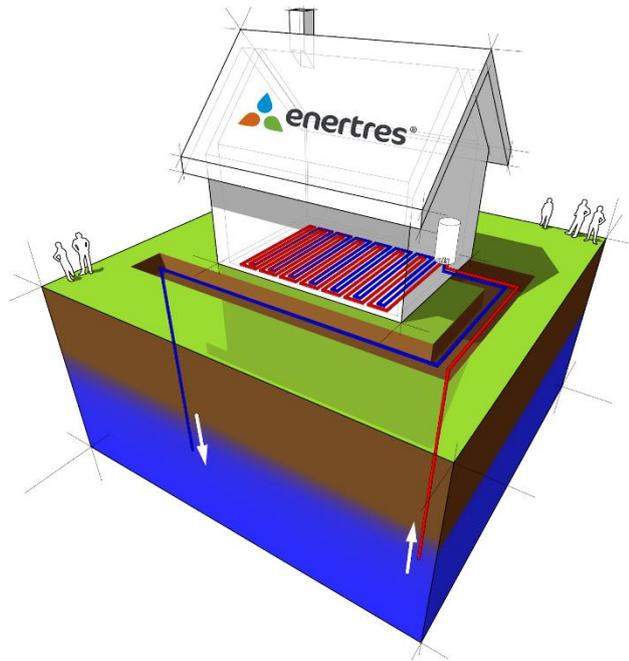
3. Captación en lagos o ríos

Este sistema es el más económico ya que carece de la necesidad de realizar pozos o excavaciones, pero será necesaria la existencia cercana de un lago o rio con características muy específicas, por lo que no es muy viable en la mayoría de casos.

Este sistema consiste en aprovechar lagos o ríos que cuenten con aguas termales con temperaturas adecuadas, en las cuales introduciremos directamente los captadores, realizando así el intercambio térmico directamente con el agua y no con el terreno.

4. Captación de circuito abierto subterráneo

A diferencia del funcionamiento de los circuitos de captación cerrados vertical y horizontal, en el caso de este sistema, el agua caliente se recoge directamente de los acuíferos subterráneos a través de un pozo; y una vez utilizada en la vivienda, esa agua es devuelto al acuífero a través de otro pozo. Es un sistema de apariencia similar al de captación cerrada vertical, pero en lugar de contar con una tubería en forma de "U", se cuenta con dos tuberías independiente, una de extracción y otra de inyección.



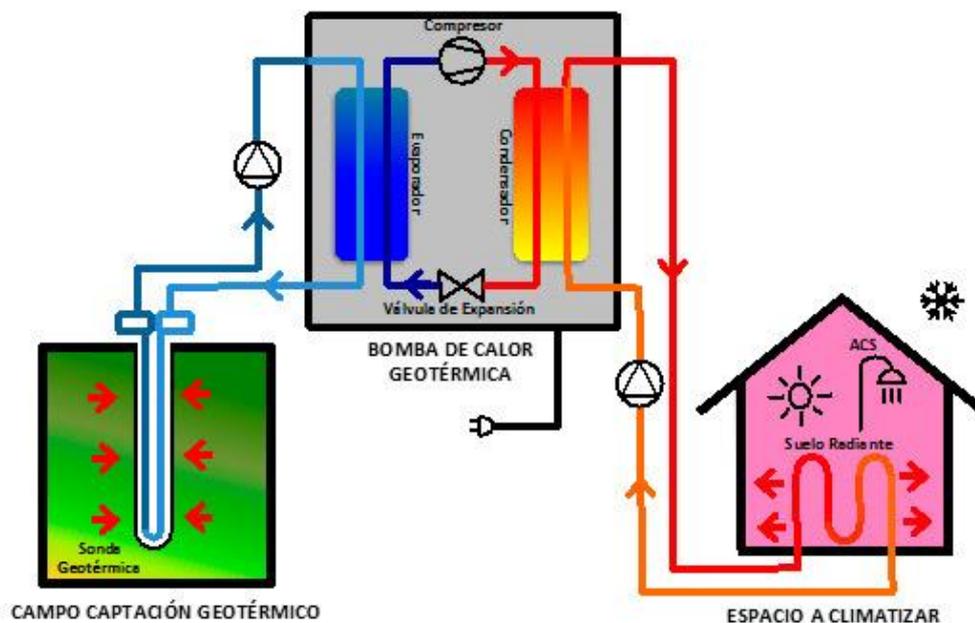
SISTEMA DE CAPTACIÓN DE CIRCUITO ABIERTO SUBTERRÁNEO. FUENTE: ENERTRES

Cuando hablamos de eficiencia, podemos considerar este sistema el mejor, pero para ello es necesario disponer de un acuífero con unas condiciones hidrológicas óptimas para que no se produzcan reacciones químicas con metales, además de la necesidad de muchos permisos burocráticos.

Para este sistema es necesaria la utilización de dos bombas, una conectada al primer pozo para la extracción del agua, de manera que nos ayude a vencer la pérdida de carga del circuito, esta bomba deberá disponer de una potencia elevada para asegurarla extracción de un caudal suficiente; lo cual puede ser una desventaja frente a los demás sistemas, puesto que esta bomba puede generar un elevado consumo eléctrico Y la encargada del intercambio de calor, la bomba de calor geotérmica. Una vez el agua es aprovechada térmicamente, este es devuelto al acuífero gracias a la gravedad, por lo que no es necesario nada más que otro pozo. Esta agua, al igual que el terreno, se mantiene prácticamente a la misma temperatura todo el año, por lo tanto, es una fuente energética constante.

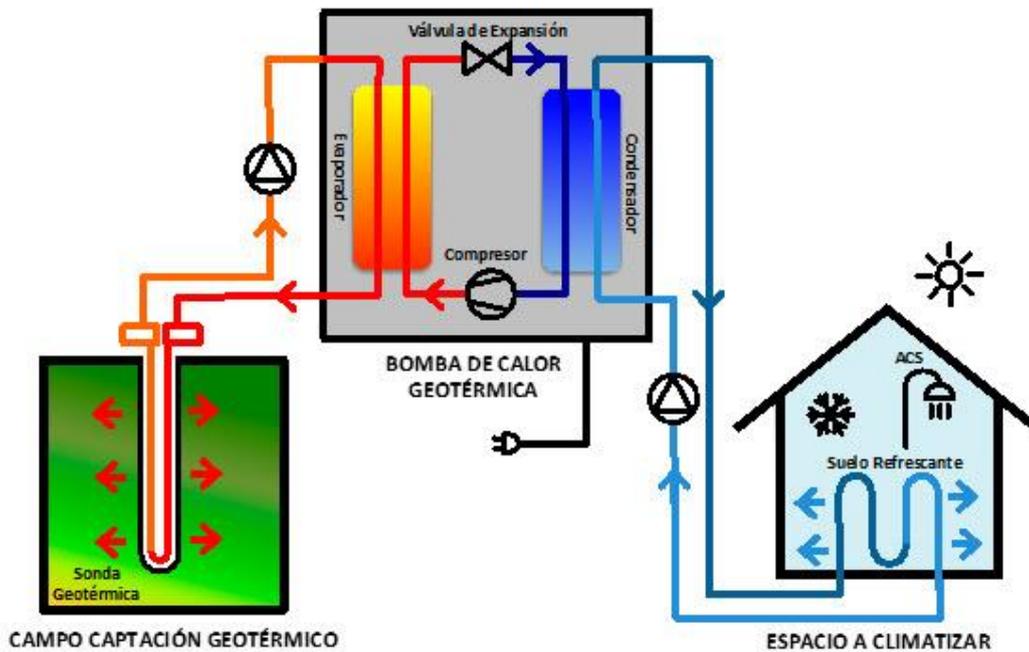
La bomba de calor está compuesta por pocos elementos como en el caso de la bomba de aerotermia; un compresor, un evaporador, un condensador y un dispositivo de expansión.

La bomba está compuesta por un circuito cerrado por el que circula un líquido refrigerante, el cual, es el encargado de captar el calor procedente del terreno; y posteriormente este calor es distribuido, mediante el condensador, al circuito de calefacción y al ACS. Esto se produce mediante el ciclo de evaporación, compresión y condensación constante del líquido refrigerante.



ESQUEMA FUNCIONAMIENTO DEL MODO CALEFACCION DE UNA BOMBA GEOTERMICA. FUENTE: GEOTERMIAVERTICAL.ES

En el modo calefacción el evaporador es el encargado de captar el calor del foco frío, que sería el campo de captación geotérmico. En este punto el condensador será el encargado de ceder el calor al foco caliente, que sería la vivienda o espacio a calefactar para el que tendremos instalado otro circuito cerrado, como por ejemplo suelo radiante, por el que circulará el agua caliente.



ESQUEMA FUNCIONAMIENTO DEL MODO REFRIGERACIÓN DE UNA BOMBA GEOTÉRMICA. FUENTE: GEOTERMIAVERTICAL.ES

En el modo refrigeración invertiremos el funcionamiento del sistema, de modo que el evaporador será el encargado de realizar el intercambio con el foco frío que será el circuito interior, como por ejemplo el suelo radiante; y el condensador será el que realizará el intercambio con el foco caliente, cediendo así la energía calorífica al terreno.

Por tanto, podemos entender como es el sistema más eficiente, puesto que el rendimiento de la bomba no se ve afectado por las variaciones de la temperatura del aire exterior como en el caso de una bomba de calor aire-agua, ya que contamos con una fuente de energía con temperatura constante.

Además de la eficiencia por la baja influencia de agentes externos, podemos considerar las bombas de calor geotérmicas como elementos tremendamente eficientes, ya que con su uso obtenemos una relación de energía consumida – generada en torno a 4, es decir, por cada KW/h de energía eléctrica consumida obtenemos 4KW/h de energía calorífica / frigorífica para la vivienda. Este lo

podemos entender sin contradecir el principio de conservación de la energía, puesto que la energía adicional nos la ofrece de manera gratuita la gran cantidad de calor que se almacena debajo de la superficie.

Al igual que ocurría en la aerotermia, un elemento que favorece el rendimiento de la geotermia, es la utilización del suelo radiante como sistema de calefacción / refrigeración. La ventaja de esto es que en invierno el suelo radiante cuenta con una temperatura de trabajo de unos 25°C, y en verano de 20°C, lo que nos permite que en esa época el suelo invierta su función y actúe como captador del calor que contiene la vivienda, y el fluido refrigerante del sistema de captación "arrastra" ese calor hacia la red exterior de tubos (independientemente del sistema de captación exterior).

De esta forma vemos como la red de tubos interior y exterior funcionarían intercambiando sus papeles en el conjunto del sistema en verano e invierno, actuando como captadores de calor o como sumideros en función de la época del año, y todo esto gracias a la bomba de calor geotérmica.

En el caso de este sistema, la red de tubos exterior es distinta e independiente de la red de tubos interior del suelo radiante. Para la separación de ambas redes, utilizaremos intercambiadores de calor para poder transferir el calor sin pérdidas importantes de energía. Esta separación de redes también nos simplifica las labores de mantenimiento del sistema.

Por tanto, podemos concluir las ventajas que tiene la energía geotérmica sobre el resto de formas de energía: Es una energía libre de emisiones, y no requiere de combustión, por lo que es una energía muy limpia y sin necesidad de depósito para combustible. Al contar con la geotermia como único sistema para calefacción y refrigeración reducimos el riesgo de legionelosis, ya que no existirán torres de condensación. Al extraer el calor de la tierra tenemos una energía constante durante todo el año, y al no depender del clima frente a otras energías renovables que, si dependen de él, podemos decir que es más eficiente. Esta forma de energía también cuenta con una excelente fiabilidad y bajos recursos de mantenimiento.

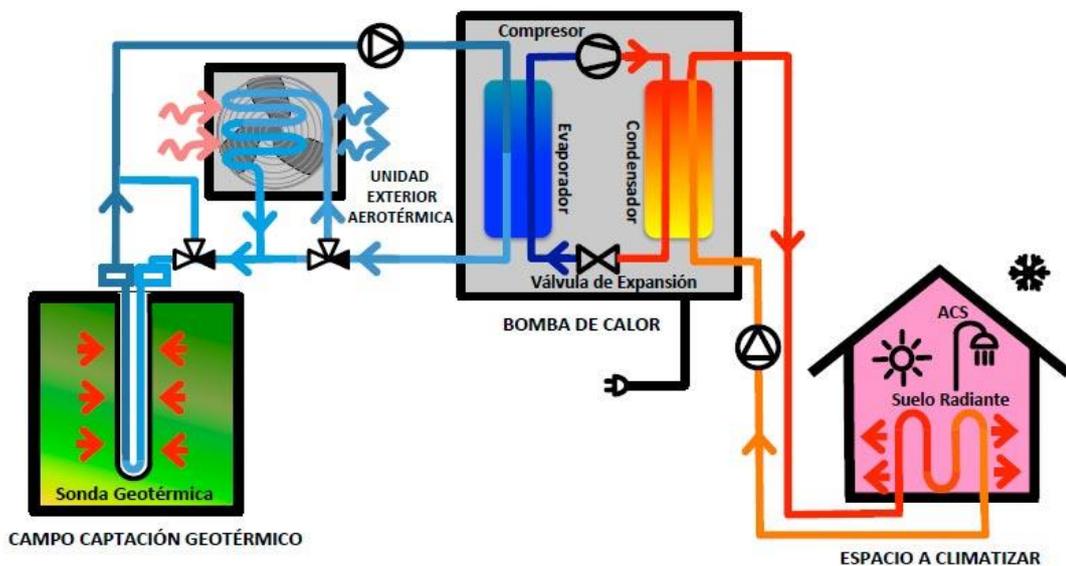
[HIBRIDACIÓN GEOTERMIA CON AEROTERMIA](#)

Podemos pensar ya en la hibridación de sistemas geotérmicos con aerotermia como presente y futuro de edificios con altas demandas. Teniendo en cuenta los objetivos europeos para el 2030, los cuales establecen que el 35% de la energía se debe obtener de manera renovable, y tenemos más próximo el objetivo de los edificios de consumo nulo; las bombas de calor aerotérmicas y geotérmicas pueden ser la solución más eficiente.

Esta hibridación debemos valorarla teniendo en cuenta que, entre los dos sistemas, el que tiene mayor rendimiento es la geotermia, pero no siempre es posible realizar correctamente los pozos de captación necesarios para cubrir toda la demanda.

Por eso la hibridación sería la solución ideal, nuestro sistema tendría como base la energía geotérmica, pero contaríamos con un sistema de aerotermia para cubrir los picos de demanda. De esta manera aunando el terreno y el aire como fuentes de la energía para realizar los intercambios, tendríamos la climatización más eficiente y limpia del mercado.

Dado que las actuales bombas de calor ya incorporan software de control avanzado, con este sistema conjunto, podrían decidir cuál es el funcionamiento más óptimo en cada momento, y decidir así si trabaja el sistema aerotérmico, el sistema geotérmico o el conjunto de los dos.



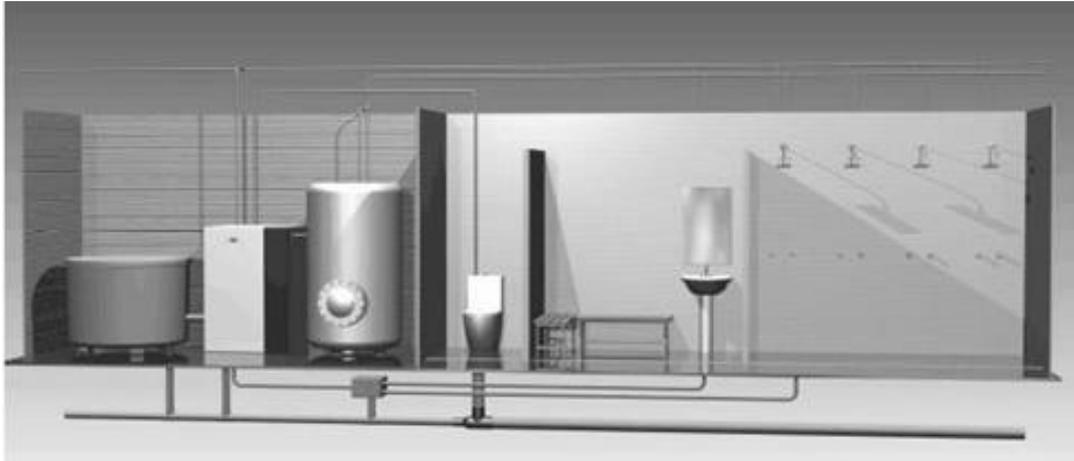
ESQUEMA DE UNA INSTALACION HIBRIDA DE AEROTERMIA Y GEOTERMIA. FUENTE: GEOTERMIAVERTICAL.ES

HIDROTERMIA

La hidrotermia es la tecnología que consiste en extraer la energía térmica procedente del agua para producir calefacción, refrigeración y ACS. Su funcionamiento está basado en una bomba de calor encargada de extraer el potencial calorífico del agua.

En un primer momento podemos pensar como esta energía cuenta con grandes limitaciones ya que pocas veces edificamos a la orilla de ríos o lagos, y cuando lo hacemos estas viviendas son escasas. Sin embargo, esta tecnología nos da la oportunidad de aprovechar las aguas que desechamos de los propios edificios, las aguas grises (procedentes de fregaderos, lavavajillas, lavadoras, baños, etc.) que en muchos casos tienen un elevado potencial calorífico ya que se han calentado a

elevadas calenturas para su uso en la vivienda, de esta manera podemos aprovechar esta energía que iba a ser perdida.



INSTALACIÓN HIDROTÉRMICA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES. FUENTE: KALHIDRA S.L. GEMAH

La instalación hidrotermia está compuesta de una bomba de calor similar a las de las fuentes de energía anteriores, en la cual se utiliza un fluido como foco exterior de intercambio y se conecta a las instalaciones interiores aprovechables.

Como conclusión entre los diversos sistemas de bomba de calor, podemos apreciar como los preferidos para viviendas Passivhaus tanto por rendimiento como por conjunto del sistema son la aerotermia y la geotermia, aunque actualmente la geotermia es más desconocida y por tanto menos usada.

Si intentamos valorar cuál de las dos opciones sería mejor, primero debemos tener en cuenta que es algo difícil ya que las dos son energías renovables y pueden ser utilizadas para calefacción, refrigeración y ACS. En ambas se utiliza la bomba de calor como elemento encargado de aprovechar la energía, y la principal diferencia radica en la fuente de la misma. Utilizando la aerotermia una bomba de calor aire – agua, mientras que la geotermia utiliza una del tipo agua – agua.

La primera gran diferencia a la hora de decidir es el coste de la instalación, siendo en el caso de la geotermia mucho más elevado dado que es necesario la realización de perforaciones y colocación de sondas; y además de un estudio del clima necesario en ambos, necesitaríamos también un estudio del terreno.

Si valoremos la independencia de una red eléctrica, vemos como la aerotermia consume aproximadamente un 60% más de electricidad, ya que extraer la energía del ambiente supone un elevado esfuerzo del condensador en comparación con el requerido en el caso de la geotermia. Esto mismo nos hace valorar el futuro rendimiento de la instalación, y teniendo en cuenta lo explicado anteriormente por la

influencia del aire exterior, entendemos como tendrá menos rendimiento la aerotermia dependiente del clima exterior, frente a la geotermia que cuenta con una fuente de calor constante.

En cuanto a mantenimiento, la aerotermia vuelve a salir peor parada, ya que al tener toda la instalación más expuesta al exterior requiere de mayor mantenimiento. Esto también sería variable en función de los diferentes sistemas de captación de geotermia elegido. Esta misma exposición es la que nos hace concluir como la vida útil de una instalación geotérmica suelo durar una media de 50 años, frente a los 15-25 de la instalación aerotérmica.

2.3.2 SISTEMAS DE AUTOCONSUMO

El autoconsumo consiste en producir tu propia energía eléctrica para después usarla en tu propia vivienda. En el caso de autoabastecimiento solar, la energía se genera mediante placas solares.

En España es la solución más popular en cuanto a energías renovables, puesto que contamos con 300 de 365 de sol, lo que significa una fuente de energía casi constante a lo largo del año. Además de esto, nuestra irradiación solar es muy alta, lo cual implica una capacidad de producción mucho mayor. Hay otros países de Europa como Alemania u Holanda donde el autoconsumo residencial es mucho mayor a España a pesar de tener mucho menos tiempo de Sol.

La energía solar térmica que utilizamos en los sistemas de autoconsumo que vamos a desarrollar, consiste en aprovechar la energía que procede del Sol para posteriormente transferir a un portador de calor, ya sea aire o agua. Este aprovechamiento de la energía solar térmica puede ser utilizada para el calentamiento de agua o para la producción de electricidad.

Dentro del autoconsumo podemos encontrar diversas clasificaciones, como por ejemplo en función del receptor: podemos hablar de autoconsumo individual o compartido, en caso de que el sistema de autoabastecimiento no dé servicio a una sola vivienda, pudiendo llegar a crearse para una comunidad de vecinos, aunque no son las más utilizadas puesto que es difícil medir el consumo de cada una. En los casos de comunidades de vecinos, se suelen crear sistemas de autoabastecimiento para dar servicio a zonas comunes como pasillos, garajes o piscinas.

Otra clasificación en cuanto al modo de autoconsumo:

- Sistema autoconsumo instantáneo: es el modelo de autoconsumo que menor inversión inicial requiere. Este consiste en el aprovechamiento de la energía a medida que esta se va generando, por tanto, cuando tenemos un sistema que no tiene una constante las 24 horas del día, los 365 días del año, debemos contar con un sistema de alimentación auxiliar para completar esos momentos que no

disponemos de energía autoabastecida, o habrá momentos en los que no dispongamos de energía eléctrica.

- **Sistema autoconsumo con acumulación en baterías:** es el modelo más adecuado en aquellas instalaciones en las que el consumo predominante de la energía se lleva a cabo fuera del horario de producción solar, de manera que parte o todo el excedente de energía acumulada se almacena en baterías para ser utilizado en cualquier momento. Este excedente de energía, por lo general eléctrica, podrá ser utilizada para cualquier fin en la vivienda.

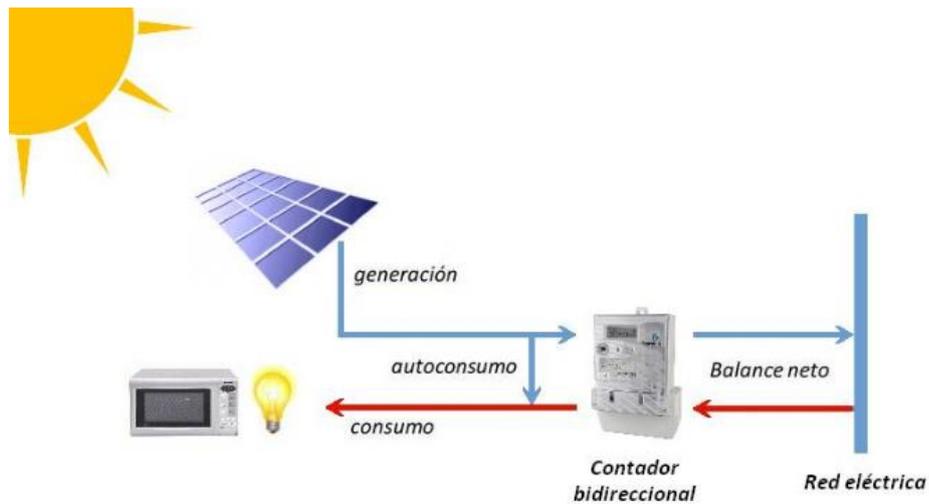
También podemos encontrar otra clasificación en cuanto al modo de autoconsumo:

- **Sistema autoconsumo aislado:** un sistema solar aislado, está conformado por paneles solares, inversor, baterías y regulador solar, de manera que podamos nosotros mismos convertir la energía que obtenemos del sol a la misma tensión que utilizan los aparatos de la vivienda.

Este tipo de sistema puede ser de consumo instantáneo o contar con una o varias baterías. A veces las baterías no son suficientes en los períodos de baja producción para abastecer a toda la vivienda, con lo que para mantenernos desconectados de la red eléctrica y disponer siempre de energía eléctrica sin corte, deberemos contar con un generador eléctrico.

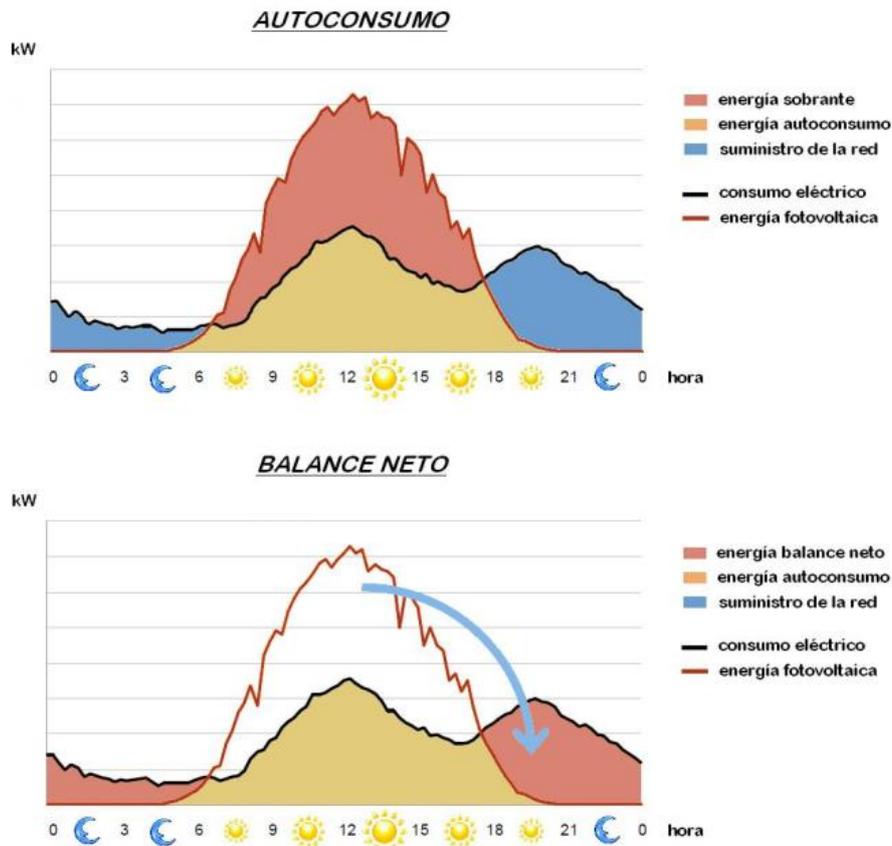
- **Sistema autoconsumo conectado:** Este sistema nos permite producir la energía que necesitamos para nuestro uso, y a la vez verter el excedente de la misma a la red eléctrica. Es to se consigue dotando a la instalación de 2 conexiones, una al sistema eléctrico de la vivienda y otra a la red de distribución, es decir, a la compañía eléctrica. De esta manera esto nos permite obtener también un suministro de electricidad cuando nuestro sistema no es capaz de ofrecérselo con el mecanismo de compensación o balance neto; lo cual, convierte este sistema en una muy buena opción para nuestras viviendas Passivhaus.

El sistema de suministro eléctrico con balance neto es un sistema de compensación de cantidad de energía de una manera diferida o instantánea, de manera que los consumidores podrán compatibilizar la producción individual de energía para consumo propio y la demanda.



ESQUEMA DE CONEXIÓN A LA RED ELÉCTRICA DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO Y BALANCE NETO. FUENTE: WIKIPEDIA

Esto lo que nos permite es verter a la red eléctrica el excedente de nuestra producción con la finalidad de usarlo en otro momento. De esta manera, la compañía eléctrica se compromete a proporcionar la electricidad suficiente cuando la demanda sea superior a la capacidad de producción del sistema, descontando nuestro aporte de la factura.



ESQUEMA GRÁFICO DEL FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA DE AUTOCONSUMO Y BALANCE NETO. FUENTE: WIKIPEDIA

En España este sistema de balance neto ha sido propuesto por la Unión Española Fotovoltaica para promover la electricidad renovable, pero aún sigue en fase de reglamentación.

- Sistema autoconsumo conmutado a la red: también existe este tipo de sistema, en el cual, gracias a un conmutador que coloquemos aparte o uno integrado en el inversor, podamos decidir en cuestión de milisegundos si disponemos de un sistema de autoconsumo aislado o conectado a la red eléctrica.

Los elementos que componen un sistema de autoconsumo solar son: los paneles solares (panel solar térmico, panel solar fotovoltaico y panel solar híbrido), el inversor solar, la estructura de soporte y el cableado.

Dado que los sistemas de autoabastecimiento varían mucho en función del tipo de panel solar que utilizan, vamos a estudiarlos por separado:

SISTEMA DE AUTOABASTECIMIENTO FOTOVOLTAICO

Sistema fotovoltaico + Bomba de calor (Aeroterminia / Geoterminia)

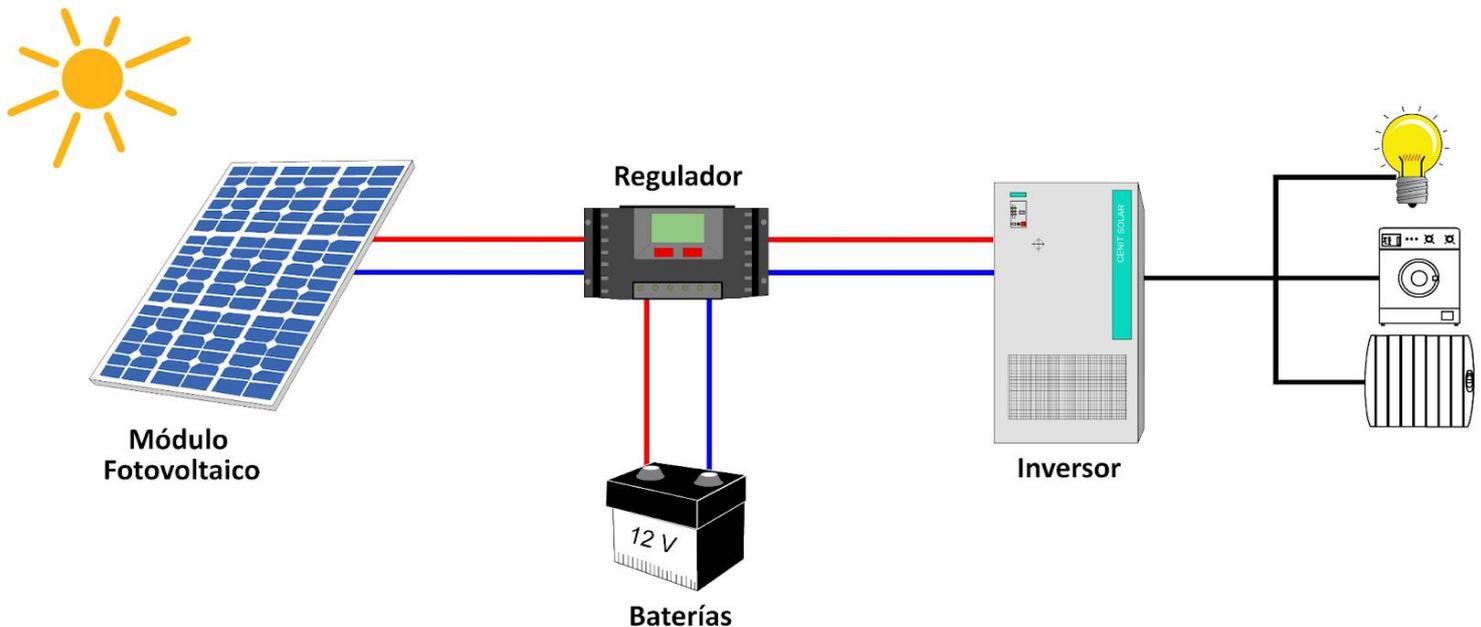
El sistema fotovoltaico basa su funcionamiento en el efecto fotoeléctrico, este consiste en generar energía a través de la luz del Sol. Los fotones impactan en las células del panel fotovoltaico, de manera que excitan a los electrones, provocando así un aumento en su energía y los libera de la estructura cristalina en la que se encuentran. En ese instante pasan a formar parte de las cargas libres.

En nuestro sistema nos podemos encontrar en 3 situaciones tipo en cuanto a nuestra potencia de producción:

- La potencia que genera nuestro sistema fotovoltaico es superior a la potencia que consumimos. De esta manera toda la demanda de nuestra vivienda es cubierta de manera sostenible, y por tanto el excedente será inyectado a la red y consumido por otros usuarios.
- La potencia que genera nuestro sistema fotovoltaico es inferior a la potencia que consumimos. En este caso no somos capaces de producir suficiente energía, con lo cual la compañía eléctrica nos abastecerá de la diferencia, pasando esa energía previamente por el contador para poder facturar el consumo.
- La potencia que genera nuestro sistema fotovoltaico es igual a la potencia que consumimos. Este caso ideal para una vivienda aislada, es muy poco probable en la realidad, puesto que es muy difícil mantener una producción y un consumo estable, aunque puede darse de forma puntual. En estos casos la demanda se cubrirá con la generación y con el almacenamiento con lo que no será necesario importar energía de la red.

ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE AUTOCONSUMO FOTOVOLTAICO

▪ SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO



ESQUEMA DE PRINCIPIO SISTEMA FOTOVOLTAICO AISLADO. FUENTE: CENITSOLAR

Los sistemas fotovoltaicos aislados están formados por: **panel fotovoltaico** encargado de transformar la energía solar en energía eléctrica, el modulo fotovoltaico es un elemento estandarizado en medidas y potencia.

Después de eso nos encontramos con un **regulador** que es el dispositivo que se encarga de proteger a las baterías de almacenamiento de la energía de sobrecargas y sobre descargas excesivas; además de permitirnos conocer información acerca del estado de batería de las cargas y la regulación de su intensidad, de manera que favorezcamos el alargamiento de la vida útil de las mismas. Estos reguladores cuentan con microcontroladores que nos permiten gestionar el sistema fotovoltaico.

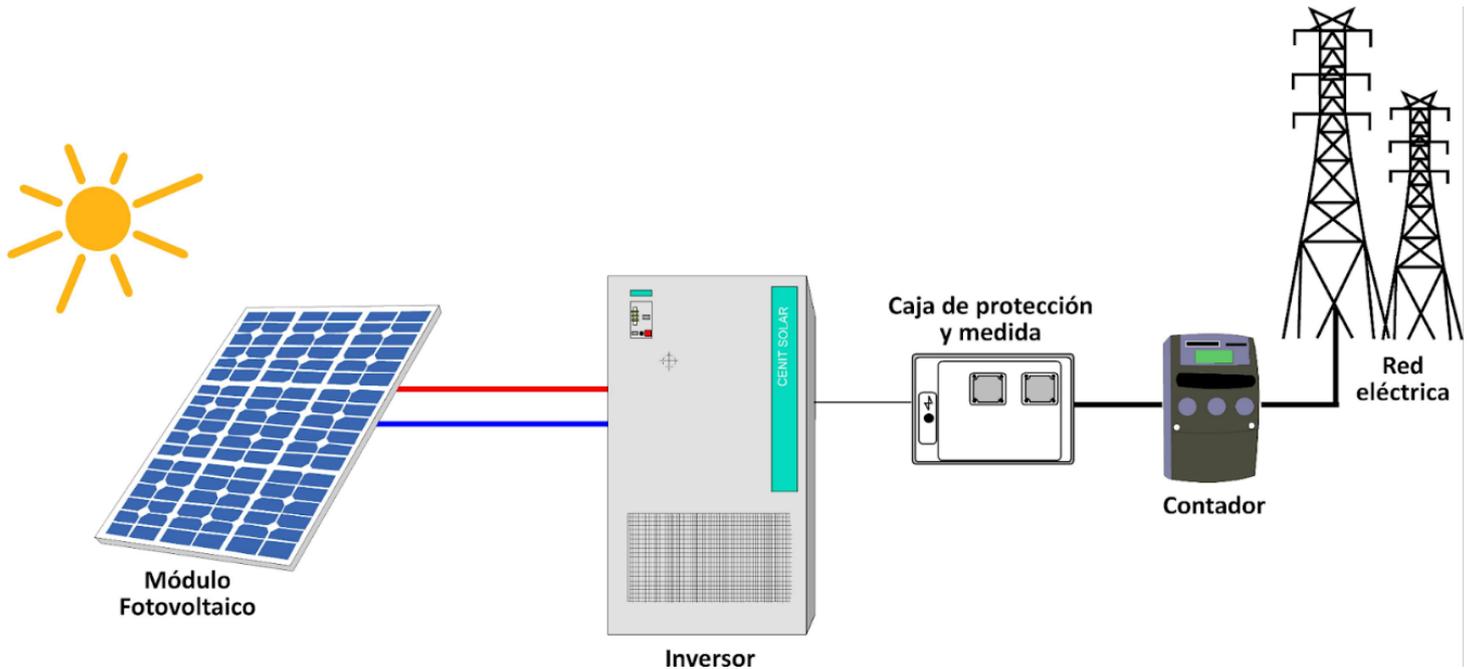
Estas **baterías de almacenamiento** con las que cuenta el sistema actúan como dispositivo de almacenamiento energético, ya que la producción de los paneles fotovoltaicos no es continua, solo se produce cuando la radiación solar índice sobre ellos. De esta manera gracias a ellos podemos disfrutar de energía eléctrica durante todo el día, y además nos ofrecen una estabilidad de tensión muy superior a la que ofrecen los propios paneles.

El último elemento que encontramos antes de los aparatos propios de la vivienda es el **inversor**, el cual, es el elemento encargado de convertir la corriente continua producida en los paneles en corriente alterna, en caso de que en la vivienda contemos con elementos que requieran este tipo de corriente (este tipo de corriente es requerida por neveras, cargadores de teléfono, cocinas eléctricas, ventiladores, etc.). En el caso de requerir tomas de corriente continua, bastaría con realizar una conexión previa al inversor puesto que la electricidad almacenada en las baterías es de corriente continua.

Dentro de los inversores solares también podemos diferenciar dos tipos distintos: monofásicos y trifásicos, cuya elección está supeditada al tipo de instalación eléctrica de la que dispone la vivienda.

Además de estos elementos principales el sistema también contara con una estructura auxiliar para la sujeción de las placas fotovoltaicas y accesorios para monitorizar el comportamiento del sistema, de manera que podamos tener controlados los parámetros más importantes de la instalación.

- SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED ELECTRICA



ESQUEMA DE PRINCIPIO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED ELECTRICA.
Fuente: CENITSOLAR

En el caso del sistema fotovoltaico conectado a la red el primer elemento que lo conforma también es un **panel fotovoltaico**, el cual, funciona similar al del sistema aislado como generador fotovoltaico. Este generador puede estar conformado por uno o varios paneles conectados en serie o en paralelo.

Tras este, en este caso encontramos directamente el **inversor** encargado de cambiar la corriente alterna a corriente continua, prestando especial atención en que la corriente alterna producida sea de características compatibles en tensión y frecuencia a la red de distribución.

Lo siguiente que encontramos en nuestro sistema es una **caja de protección y medida** con un **contador**; este punto es el que nos diferencia del sistema anterior, puesto que aquí incluimos todo el cableado y elementos de protección para contar con una red eléctrica segura; y además en el contador, la compañía comercializadora puede contar cuanta energía eléctrica hemos consumido y cuanta energía producida se vierte a la red.

A partir de aquí el camino de la electricidad se ha dividido en dos ramales, el **sistema eléctrico interno** de la vivienda, aquel encargado de suministrar la

energía para uso propio de la vivienda. Y por otro lado la **inyección a la red**, que es el punto donde se vierte nuestro excedente de energía producida.

(*) PANEL FOTOVOLTAICO

Los paneles fotovoltaicos son los encargados de absorber la energía que produce el solar y transformarla en electricidad, en forma de corriente continua.

El resto de los elementos del sistema fotovoltaico serán los encargados de gestionar y transformar esta tensión en corriente alterna si así se requiere, estos serían los reguladores de carga y los inversores de corriente.

Este tipo de panel es un avance tecnológico superior al desarrollo de los paneles térmicos y aún está llevándose a cabo un proceso de mejora, sobre todo en sus parámetros de eficacia y de rendimiento.

Todos los paneles fotovoltaicos se pueden utilizar para la generación de energía eléctrica para uso doméstico o para usos comerciales.

Estos paneles o módulos fotovoltaicos están formados por un conjunto de celdas fotovoltaicas interconectadas entre ellas.



PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO. FUENTE: AULAFACIL.COM

Las células solares que conforman las placas, por si mismas solo son capaces de generar una tensión de unas décimas de voltio (+/- 0,5-0,6 V) y una potencia máxima de 1-2 W. Por lo tanto, necesitamos conectar varias células (que se comportaran como pequeños generadores de corriente) para conseguir tensiones aceptables. Los más habituales son módulos formados por 36 células, de esta manera conseguimos tensiones de 12V que ya pueden cargar baterías.

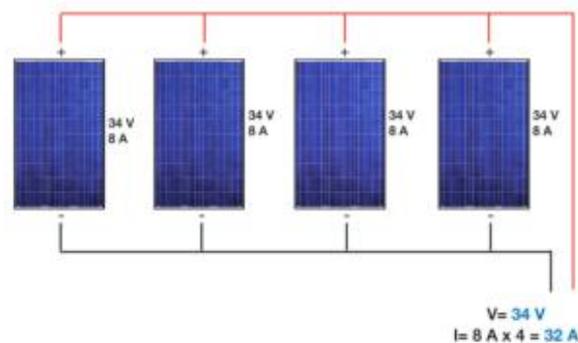
Los paneles fotovoltaicos no pueden colocarse en cualquier sitio, para elegir su mejor colocación se debe hacer un estudio de soleamiento y orientación exhaustivo del edificio en el que precisamos de su colocación.

De esta manera buscaremos una orientación e inclinación que sea lo más apropiada para conseguir el máximo rendimiento durante todo el año, para esta también debemos tener en cuenta la latitud a la que nos encontramos. En España, como nos encontramos en el hemisferio norte, la mejor opción es orientar las placas hacia el sur y con una inclinación entre 20 y 40 grados en función de la latitud en la que nos encontremos.

Las conexiones entre las placas solares fotovoltaicas se pueden realizar de dos formas, o combinando ambas:

- Conexión en paralelo. Esta conexión se realiza uniendo por un lado los polos positivos y por otro los negativos.

Esta unión en paralelo nos proporciona una tensión igual a la del módulo, aunque nos aumenta la corriente pues será la suma de los paneles.

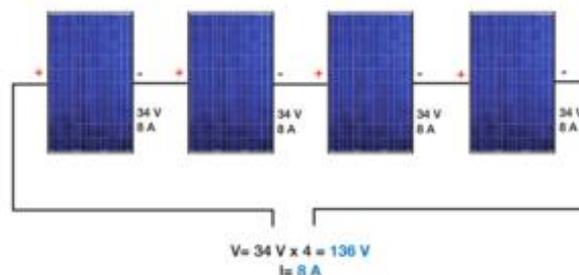


PANELES CONECTADOS EN PARALELO. FUENTE: CPMSOLAR

- Conexión en serie.

La forma de conexión en serie consiste en conectar el polo positivo de la primera placa con el negativo de la segunda, y así sucesivamente.

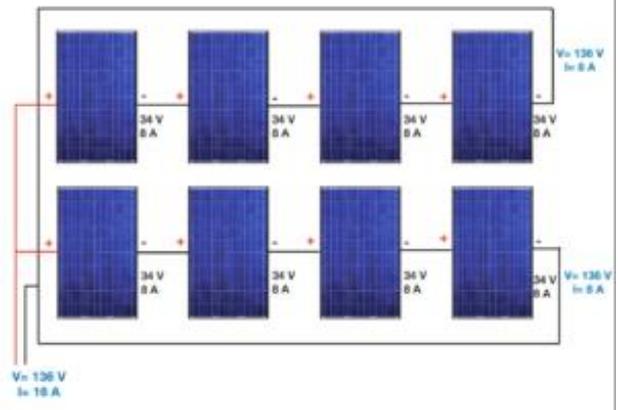
Esta unión en serie nos proporciona una tensión igual a la suma de cada módulo, dependiendo del número de placas conectadas; y una corriente igual a la del módulo.



PANELES CONECTADOS EN SERIE. FUENTE: CPMSOLAR

- Conexión en serie y paralelo

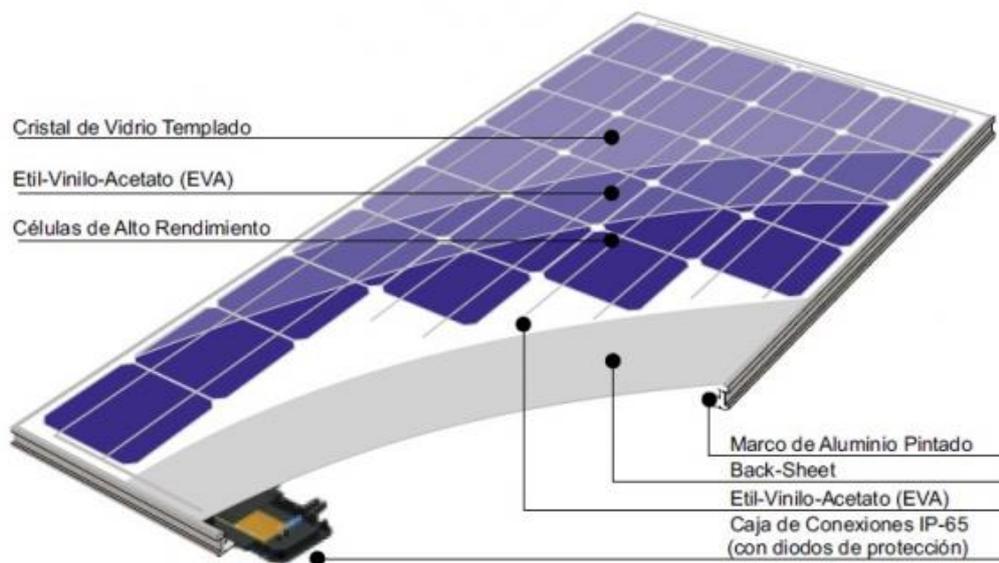
Este tipo de conexión al combinar las dos anteriores, nos dará como resultado la suma de los voltajes si están conectados en serie; y la suma de las corrientes si están conectados en paralelo.



PANELES CONECTADOS EN SERIE Y PARALELO. FUENTE: CPMSOLAR

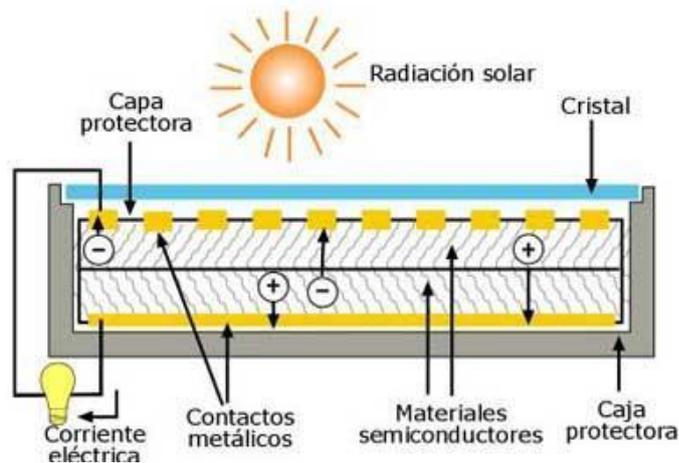
Componentes de un módulo fotovoltaico:

La placa fotovoltaica está diseñada acorde con las condiciones climáticas que se dan en el exterior donde serán colocadas y formar así parte de la "piel" del edificio.



COMPONENTES PANEL SOLAR FOTOVOLTAICO. FUENTE: AULAFACIL.COM

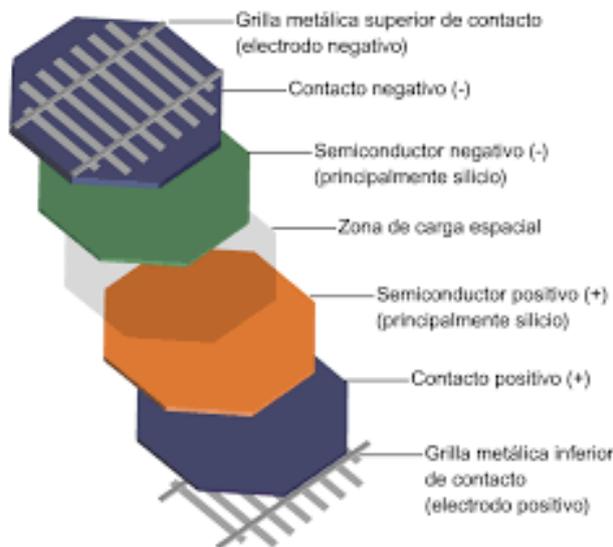
Las células fotovoltaicas son encapsuladas en una resina, y colocada entre dos laminas; siendo la exterior de vidrio, y la posterior de plástico opaco o vidrio (si queremos conseguir un módulo semitransparente).



SECCION DE UN PANEL FOTOVOLTAICO. FUENTE: AULAFACIL.COM

Una célula fotovoltaica o célula fotoeléctrica es un dispositivo encargado de convertir la energía incidente en él de la radiación solar en electricidad mediante el efecto fotovoltaico.

Este efecto consiste en que los compuestos del material que presenta efecto fotovoltaico son capaces de absorber los fotones de la luz y posteriormente emitir electrones. Cuando estos electrones que se han liberado son capturados, el resultado es una corriente eléctrica que es utilizada como electricidad.



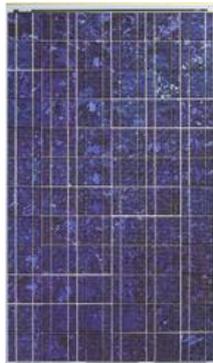
PARTES QUE COMPONEN UNA CELULA FOTOVOLTAICA. FUENTE: ECOSOLAR

La célula fotovoltaica más habitual es una lámina de silicio cristalino de aproximadamente 0,3 mm de espesor; en el cual, el campo eléctrico se genera por la polarización de dos zonas de la célula, la parte superior de carácter negativo y el resto positivo. Esta diferencia de carga eléctrica del

material es la encargada de empujar los electrones a salir de la célula por la superficie de la capa.

La célula está dotada de contactos eléctricos capaces de canalizar la energía que se produce cuando se ilumina y están diseñados en forma ramificada.

Las células fotovoltaicas principales que encontramos en el mercado son:



Policristalino



Monocristalino



Película Delgada

TIPOS DE PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS. FUENTE: SOLECTRIC

-Células de silicio monocristalino (M-Si).

Estas células están formadas por un único cristal de silicio con estructura altamente uniforme, lo cual, garantiza un rendimiento superior al resto de tecnologías y un mayor coste.

Estas células suelen presentar una forma cuadrada con esquinas redondeadas. Sus características más destacadas son que cuentan con proceso de calentamiento más lento, aunque su proceso de fabricación es más costoso energéticamente y más largo que el resto de tecnologías.



CELULA MONOCRISTALINA. FUENTE: SOLAR-ENERGIA.NET

- Células de silicio policristalino (P-Si).

Estas células están constituidas por muchos cristales de silicio, el cual, se deja solidificar lentamente en un molde rectangular, obteniendo así un sólido rectangular con muchos cristales.

El rendimiento de este tipo de célula es inferior al anterior, pero su coste económico también inferior los mantiene competitivos en su instalación.



CELULA POLICRISTALINA. FUENTE: SOLAR-ENERGIA.NET

-Células de película delgada. Estas células se conforman depositando varias capas de material fotovoltaico sobre una base, por tanto, tienen un proceso de fabricación más sencillo, pero también tienen un rendimiento bastante inferior.

Estas no se fabrican como células individuales, sino que el depósito de material se hace sobre bandas continuas, de esta manera se crea un panel continuo que no necesita interconexiones interiores como en los casos anteriores.

En estos paneles los fotones no chocan con electrones, sino que atraviesan directamente gracias al pequeño grosor lo que nos facilita el sistema de capas superpuestas.

Estas células al tener la película delgada son flexibles y tienen menos peso que las anteriores, lo cual nos permite usarlas para otras aplicaciones como integrar los sistemas fotovoltaicos en la construcción de acristalamiento fotovoltaico semitransparentes que podemos colocar en ventanas.

La capa protectora final no debería ser un conductor térmico, ya que se debe diseñar la placa para evitar un calentamiento de la célula que reduzca su eficiencia.

Las ventajas que nos ofrecen los paneles fotovoltaicos son que, si tienen una buena calidad inicial, su durabilidad es elevada; no tienen problemas de congelación; nos sirven para cualquier tipo de aplicación eléctrica y requieren de un mantenimiento mínimo. Por el contrario, las desventajas que encontramos son una inversión inicial elevada, y además una excesiva oferta del mercado aun con calidades muy dispares.

Las bombas de calor aerotérmicas y geotérmicas sin duda han demostrado ser fiables y con elevado rendimiento; especialmente los conseguidos por las bombas de calor

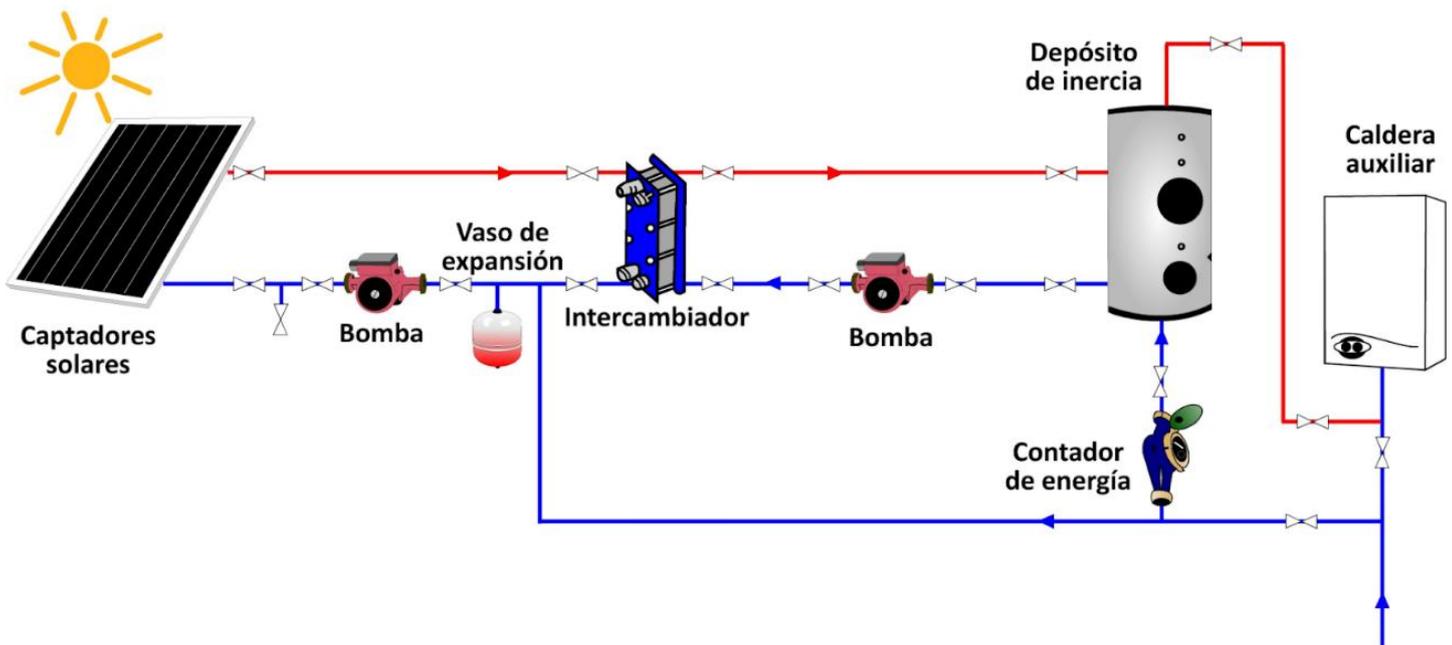
geotérmicas, que se está afianzando como sistema más eficiente para la producción de calefacción, refrigeración y ACS.

De esta forma si integramos las dos tecnologías: sistemas fotovoltaicos con bombas de calor aerotérmicas o geotérmicas, estamos consiguiendo instalaciones muy eficientes para conseguir el objetivo ecológico y sostenible de conseguir viviendas autosuficientes.

SISTEMA DE AUTOABASTECIMIENTO TÉRMICO

Un sistema de autoabastecimiento térmico se basa en aprovechar la radiación solar para convertirla en energía calorífica, que almacenaremos en un fluido. De esta forma, podemos entender como la energía solar térmica funciona de manera similar a la eléctrica, solo que, en vez de producir electricidad, produce calor.

El calor que se capta con ayuda de las placas solares térmicas es utilizado para: agua caliente sanitaria, calefacción y climatización de piscinas.



ESQUEMA DE PRINCIPIO PANELES SOLARES TÉRMICOS PARA ACS. FUENTE: CENITSOLAR

Los **paneles solares** se denominan colectores, pues su función es recoger la energía que produce el sol. De estos colectores, que normalmente se colocan en tejados o en otros lugares donde reciban luz directa del sol, en el interior de estos circula un fluido calo-portador que será el encargado de captar la energía que se acumulará en el **depósito acumulador**.

En este depósito almacenamos la energía en forma de agua caliente para posteriormente distribuirla y usarla, en los momentos de poca radiación solar.

Cuando la energía en forma de calor se almacena en el acumulador, el calor se va distribuyendo a medida que se sucede la demanda, de esta manera se adapta al uso

en cada momento del usuario. Este intercambio se produce gracias a la entrada de AFS al sistema, la cual va directa a un **intercambiador de calor** encargado de transmitir el calor del fluido de los captadores con anticongelante al agua sanitaria del acumulador sin que estos líquidos se mezclen. Este intercambiador de calor cuenta con entrada y salida para agua fría y caliente, y además con una capa de material aislante de manera que evitemos las pérdidas de calor y posibles humedades.

El circuito también cuenta con **bombas de circulación**, las cuales son accionadas por un motor eléctrico, que favorecen el transporte del fluido a lo largo de todo el circuito. También tenemos como elemento auxiliar el **vaso de expansión** encargado de absorber las dilataciones del fluido del circuito cerrado que se hayan producido por las variaciones de temperatura.

(*) PANEL SOLAR TÉRMICO

El panel solar térmico cuenta en su interior con tubos por los que circula el fluido calo-portador (dependiendo del modelo de panel, puede tener en el interior agua, agua con anticongelante, alcohol...) y cuando la luz solar incide sobre él, el líquido que contiene en su interior se calienta y transmite ese calor a un depósito o intercambiador.

Los paneles solares que producen agua caliente a través de la energía térmica los encontramos de dos tipos:



Captador plano



Captador de tubos de vacío

TIPOS DE PANELES SOLARES TÉRMICOS. FUENTE: INARQUIA

- **Captador solar plano**, el cual, está conformado por una serie de tubos de vidrio dentro del panel, son los más comunes. Este tipo de captador puede ser una buena opción relación efectividad / coste en climas

moderados en los que el riesgo de congelación sea bajo, de manera que el rendimiento sea el máximo.

Este tipo de colector se puede dividir en dos tipos en función de la configuración del absorbedor:

- Configuración en paralelo tipo "parrilla"
Esta configuración favorece la estratificación de la temperatura del colector con mayor volumen de circulación de agua por el interior del captador y obtener así un buen rendimiento con un salto termodinámico de aproximadamente 10°C
- Configuración en serie tipo "serpentín"
Esta configuración está formada por un único circuito continuo que cuenta con menos volumen de agua de circulación que el anterior pero con un salto térmico mayor, lo cual consigue también un buen rendimiento.

El captador plano funciona gracias a aplicar diferentes principios físicos en un solo elemento:

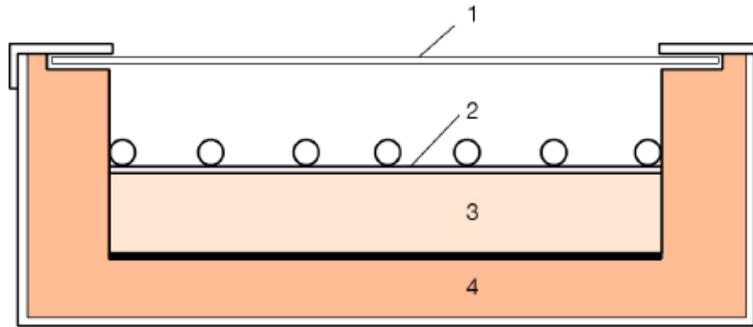
El absorbedor que tiene el panel es un cuerpo negro, con lo cual la radiación solar incidente es parcialmente absorbida, y el resto lo refleja o lo atraviesa; de esta manera los absorbedores suelen ser de color oscuro para aprovechar al máximo la radiación solar.

El efecto invernadero que se genera en cuerpos transparentes de longitudes de onda específicas, y dado que la radiación solar está comprendida en esas longitudes, esta solo puede atravesar un vidrio, por lo que una vez en el absorbedor, este se calienta y emite unas radiaciones de longitud de onda superior para las que el vidrio es opaco.

A parte del vidrio hay otros plásticos, como el policarbonato que tiene un comportamiento similar al vidrio.

El aislamiento, los colectores solares se encuentran aislados en conjunto respecto al exterior.

De esta manera tras comprender los principios que componen el captador, podemos conocer los elementos:



SECCION DE UN COLECTOR DE PLACA PLANA. FUENTE: CERTIFICACIONENERGETICA.INFO

1. Cubierta transparente que aísla el colector de las condiciones del ambiente exterior, aunque dejando pasar la radiación solar, provocando el efecto invernadero. Normalmente una lámina de vidrio templado.

2. Absorbedor, que intercepta la radiación solar y la transforma en energía térmica. Está formado por una lámina metálica (normalmente de cobre) que se oscurece con una fina película de pintura negra calórica, y una parrilla de conducciones encargada de circular el fluido calo-portador.

3. Aislamiento para evitar pérdidas del interior del captador hacia el exterior, formado normalmente por planchas de espuma sintética ubicadas en laterales y parte posterior del panel.

4. Carcasa encargada de alojar el resto de componentes, normalmente cierre de perfilado de aluminio que garantiza la resistencia del conjunto.

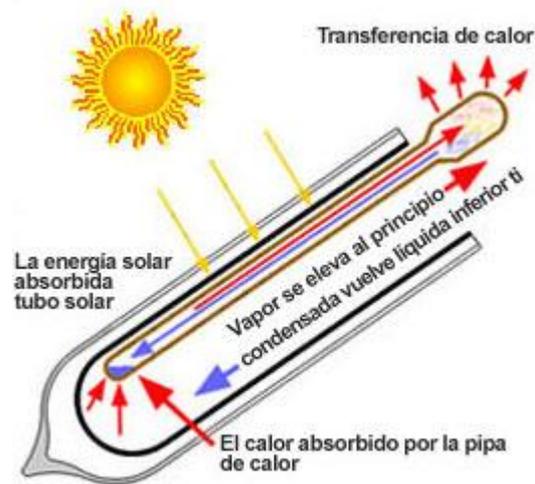
- **Captador de tubos de vacío**, son una tecnología bastante superior al captador plano, los cuales, están diseñados para minimizar las pérdidas de calor hacia el exterior de manera que obtengamos un rendimiento superior, aunque son más caros.

El colector solar de tubos de vacío está formado por un conjunto de tubos cilíndricos; estos tubos están formados a su vez por un absorbedor selectivo que se encuentra sobre un asentamiento reflector y rodeado de un cilindro de vidrio transparente.

El vacío lo encontramos entre el tubo absorbedor y el vidrio transparente, esto nos favorece en evitar las posibles pérdidas por conducción y convección lo cual consigue que se alcancen hasta 100°C de temperatura, y por tanto mayor aprovechamiento de la radiación.

Dentro de los captadores de tubos de vacío podemos encontrar dos subtipos, en función de la técnica de transmisión de calor del tubo de vacío al primario:

- Colectores solares de vacío con fluido directo: estos colectores cuentan con un captador principal del circuito primario en la parte de arriba del captador, donde se conecta cada tubo mediante un circuito de ida y otro de vuelta. Por este circuito recorre el fluido del circuito primario que aumentara su temperatura durante el recorrido.
- Colectores de vacío heat pipe : este sistema también cuenta con un colector solar principal en la parte de arriba del circuito primario. Aunque en este caso, el tubo de vacío también cuenta con un tubo de cobre central sellado con una mezcla alcohólica en su interior. Este tipo es conectado en el absorbedor del captador mediante una pipeta condensadora, la cual tiene la función de elemento transmisor del calor al circuito primario. la radiación solar consigue calentar el absorbedor y evaporar la mezcla alcohólica del interior, de manera que esta sube hasta el condensador. En este punto se produce la cesión de calor al circuito primario y se condensa la mezcla alcohólica que vuelve a la parte inferior.



ESQUEMA COLECTOR DE VACIO HEAT PIPE. FUENTE: SOLEPANEL

Estos colectores de vacío, obtienen un rendimiento térmico más alto que los colectores solares de placa plana en invierno debido al buen aislamiento que tienen.

Las temperaturas que pueden alcanzar el líquido que encontramos en el interior de los paneles, es muy superior a la temperatura ambiente en la que

se encuentran, los cual favorece para conseguir agua caliente sanitaria incluso en los días más fríos con un mínimo de radiación solar.

Las ventajas que tienen los paneles solares térmicos son que pueden aprovechar hasta un 70% de la energía solar que los incide; cuentan con una tecnología muy sencilla lo cual los hace excelente para calentar agua; y además tiene una fácil instalación y un mantenimiento mínimo. Mientras que tienen varias desventajas como es que en los meses más fríos pueden tener problemas de congelación; tienen aplicaciones muy limitadas puesto que solo pueden calentar agua; y tienen una menor durabilidad que los paneles fotovoltaicos.

A parte de los paneles solares fotovoltaicos y paneles solares híbridos, también existe otra tecnología, que son los paneles solares híbridos los cuales producen electricidad y agua caliente.

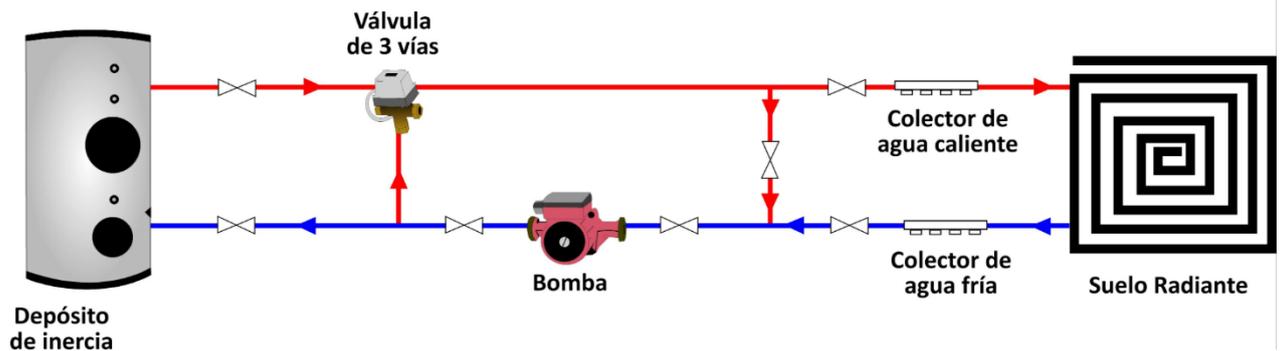


PANEL SOLAR HÍBRIDO R-VOLT DE SYSTOVI. IMAGEN: ARCHIEXPO

Esta solución en el futuro puede ser una muy buena solución para mejorar los sistemas de autoconsumo, pero aún se cuenta con muy pocas empresas investigando esta tecnología.

(*) SISTEMA DE CALEFACCION / REFRIGERACIÓN → **SUELO RADIANTE**

El sistema de suelo radiante está formado por una red de tuberías que se distribuyen de manera uniforme bajo el pavimento de la estancia a climatizar, por las cuales circula agua, consiguiendo así una temperatura de confort homogénea tanto en invierno como en verano.



ESQUEMA DE PRINCIPIO DEL SUELO RADIANTE. FUENTE: ENERTRES

El funcionamiento del suelo radiante consiste en un mortero como capa superior encargado de absorber el calor disiparlo por las tuberías, por las cuales circula el agua a la temperatura deseada, y transmitirlo al pavimento superior mediante radiación principalmente.

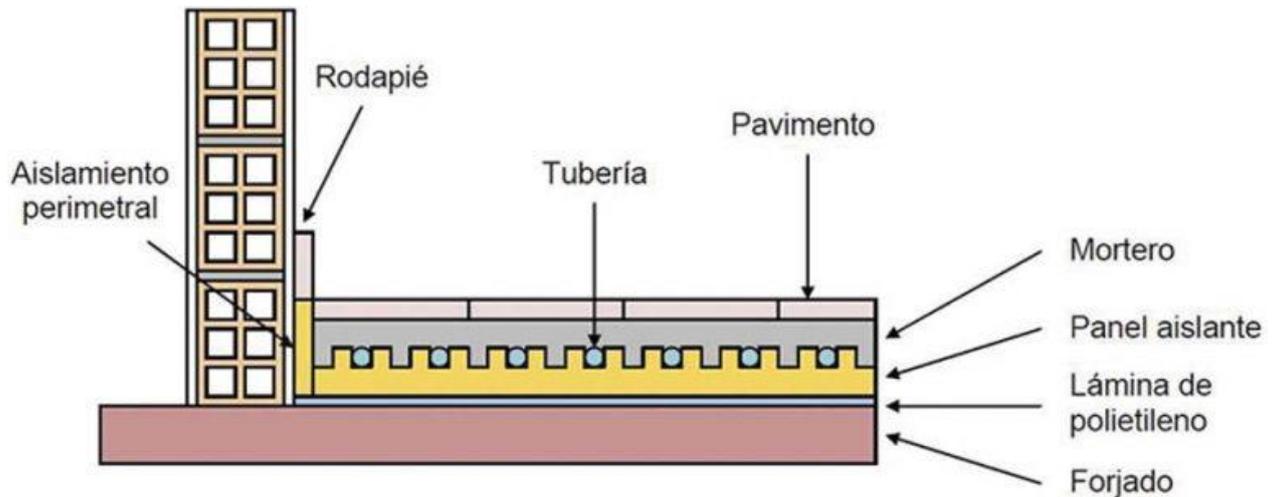
Este funcionamiento varía en función de la época del año en la que nos encontremos, y por tanto del tipo de climatización que busquemos: calefacción o refrigeración.

En invierno, el agua caliente a baja temperatura, a 35-40°C, fluye a través del circuito de la vivienda, desarrollando la función de calefacción. Las temperaturas ideales para el ser humano pasan por tener los pies calientes y la cabeza fría, de este modo el suelo radiante al distribuir el calor por el suelo favorece este confort.

Este gradiente de temperatura de trabajo tan bajo favorece además el ahorro energético, pues al contrario que los sistemas de calefacción convencionales, mantenemos el calor en la parte inferior de las estancias, la cual tiene las mayores necesidades térmicas.

En verano, la misma instalación es la encargada de llevar a cabo la refrigeración de la vivienda. En esta situación el agua a baja temperatura que fluye por el circuito ronda una temperatura de 17°C, de manera que este circuito en vez de desprender energía, será el encargado de absorber el calor sobrante de la estancia, consiguiendo así una agradable sensación de confort.

Partes de un sistema de suelo radiante:

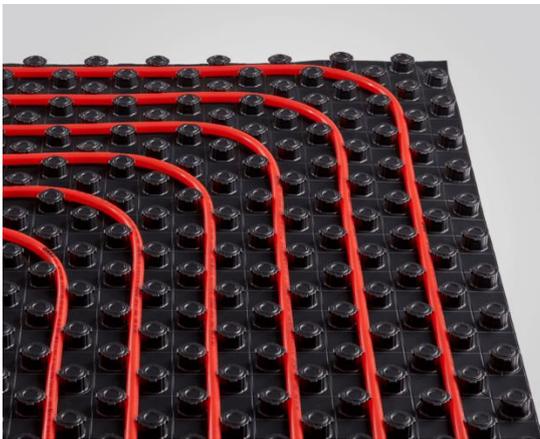


SECCIÓN DE UN SUELO RADIANTE. FUENTE: MUNDOHVARC.COM

1. Film antivapor. El film antivapor es una hoja de PE cuya función es actuar como barrera de vapor para evitar posibles filtraciones de capilaridad a través del forjado, de manera que protegemos la plancha aislante. Se utiliza en locales en contacto con el terreno y en plantas bajas.
2. Zócalo perimetral. El aislamiento perimetral es el encargado de absorber las dilataciones del mortero que se puedan producir durante el proceso de calentamiento o enfriamiento del sistema, y además evitar las pérdidas de calor. Esta cinta perimetral puede ir sujeta con una banda autoadhesiva o grapada directamente. Además del aislamiento, lleva una hoja de Pe que debe colocarse encima para cuando sea vertido el mortero evitar los posibles puentes térmicos con el forjado.
3. Plancha aislante. La plancha aislante corresponde junto con las tuberías, uno de los componentes más importantes del sistema. Su función es soportar en ella los circuitos de las tuberías y a la vez resistir la transmisión del calor que estos generan al forjado, reduciendo así las posibles pérdidas. Cuanto mayor espesor, mayor resistencia térmica tendrá nuestra plancha; lo cual nos influirá en los posteriores cálculos para la temperatura del circuito. El material más empleado para la fabricación de estas planchas, es el poliestireno expandido. Y dentro de ellas, podemos encontrar diferentes tipologías, lisas o tetones.



PLANCHA AISLANTE LISA. FUENTE: IBERICA DEL CALOR



PLANCHA AISLANTE CON TETONES. FUENTE: BAXI

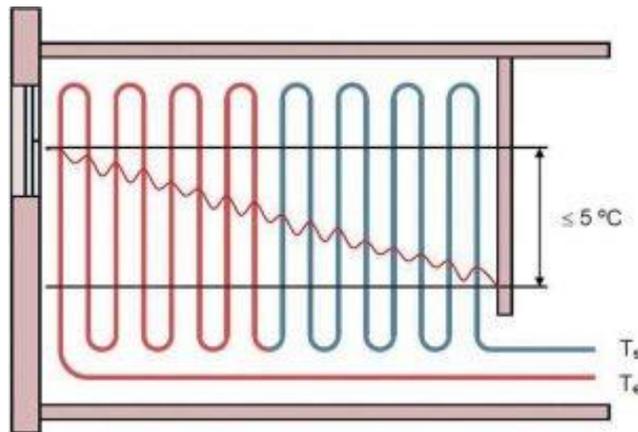
4. Tuberías. Son las encargadas de distribuir el agua por toda la superficie. En el suelo radiante, las tuberías utilizadas son plásticas y sus características principales son que no son afectadas por los aditivos del hormigón, cuentan con poca fuerza de dilatación / fricción, no tienen problemas de erosión ni corrosión, y principalmente son muy flexibles facilitando así la labor de diseño e instalación de los circuitos.

Los tubos que más se emplean son de PEX, multicapa o poli butileno (estos son los menos usados); y con diámetros exteriores muy variados, aunque los más frecuentes son 16 y 20 mm.

Para conseguir una temperatura homogénea en toda la superficie radiante encontramos tres tipos de disposición de los tubos:

- Distribución en serpentín simple
Esta forma es la más sencilla, y consiste en repartir el tubo a lo largo de toda la estancia en líneas paralelas de ida y vuelta, manteniendo estas equidistantes unas de otras.

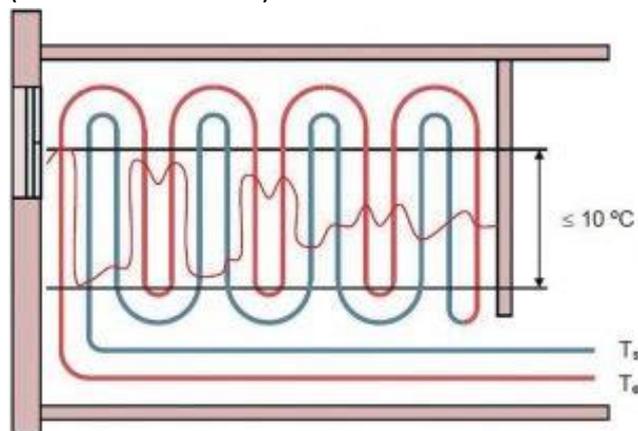
Este tipo de diseño implica que a medida que avanza el agua por el serpentín, el agua va cediendo el calor a la estancia, con, lo cual, esta disminución de temperatura provoca que al final del recorrido el agua este más fría que al inicio. Este salto térmico está regulado y no debe ser mayor de 5°C para mantener el confort térmico de la estancia. Aun con este gradiente de temperatura, las diferencias entre una zona y otra de la habitación no son tan elevadas como con la calefacción por radiadores.



DISTRIBUCION EN SERPENTIN SIMPLE. FUENTE: MUNDOHVACR.COM

- Distribución en serpentín doble.

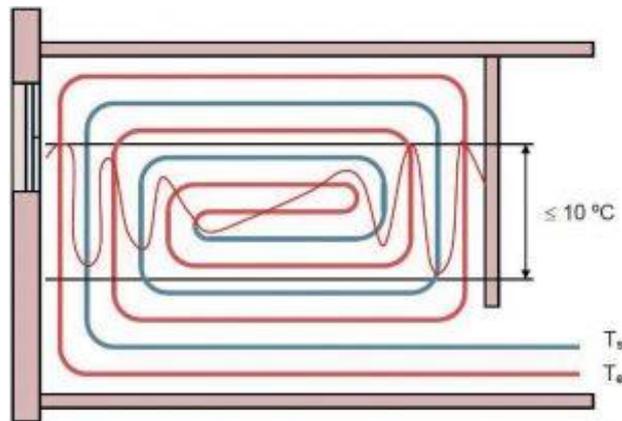
Este sistema es el recomendado para locales cuya forma geométrica sea compleja. Este sistema consiste en la colocación de dos serpentines intercalando uno y otro, de tal manera que al lado de una tubería de ida caliente ira otra de retorno fría. Con este diseño conseguimos tener dos tubos paralelos con fluido de ida, y dos tubos paralelos con fluido de retorno. Esta opción, nos da como resultado una estancia con franjas de suelo más calientes y franjas más frías, apreciando de esta manera el salto térmico en tuberías contiguas, por este motivo, este sistema de colocación no es el más indicado para estancias cuyo uso será descalzo (como en los baños).



DISTRIBUCION EN SERPENTIN DOBLE. FUENTE: MUNDOHVACR.COM

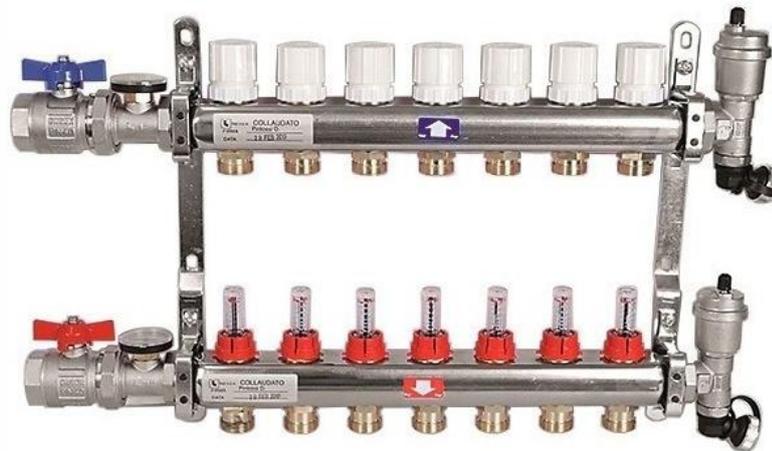
- Distribución en espiral.

Este sistema es el más adecuado para lugares de gran superficie y/o demanda elevada de calor, y además es recomendable que el espacio tenga una geometría sencilla para poder realizar la espiral de manera cuadrada o rectangular. La espiral se comienza por el exterior y se va montando de dentro a fuera las líneas de tubo, entre línea y línea se debe dejar espacio para el retorno. En este sistema de colocación el calor se encuentra mejor repartido ya que un tubo caliente va paralelo a un tubo frío.



DISTRIBUCION EN ESPIRAL. FUENTE: MUNDOHVACR.COM

5. Juntas de dilatación y funda aislante. Cuando la superficie que queremos calefactar / refrigerar tiene una superficie superior a 40 m² o es muy irregular, el zócalo perimetral no es suficiente para absorber todas las dilataciones del mortero. En estos casos debemos realizar lo que nos dicta la normativa, y colocar juntas de dilatación a mayores; y también en los pasos de puertas de zonas independizadas donde el mortero va a trabajar a diferentes temperaturas.
6. Colectores. Los colectores son los encargados de distribuir el agua por los diferentes circuitos que dispongamos, estos colectores deben de disponer de detentores para poder regular cada uno de ellos.
Los colectores pueden ser de latón, o de materiales plásticos, en función de la aplicación que tendrá el sistema ya sea de calefacción o de calefacción y refrigeración.



COLECTOR INOX PARA CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE PARA 7 CIRCUITOS.
FUENTE: CLIMABIT

7. Armarios. Los armarios son los contenedores donde alojar los colectores, suelen ser de láminas de acero y deben estar equipados con los soportes adecuados para la correcta sujeción de los colectores. Lo habitual es colocarlos en zonas centrales de la vivienda, como pasillos o distribuidores donde tengan menos impacto visual, pero a la vez tengan una posición estratégica para la instalación.



ARMARIO DE INSTALACION DE SUELO RADIANTE. FUENTE: BLOG TÉCNICAS REUNIDAS

8. Regulación. Los componentes de regulación son otro elemento muy importante en la instalación del suelo radiante.

Podemos englobar en este apartado todos los elementos encargados de independizar estancias y los equipos de mezcla y bombeo.

Según el RITE, las estancias deben estar independizadas mediante termostatos y cabezales electro térmicos que abran o cierren el paso de agua en el circuito, estos se disponen en el colector. En algunas ocasiones podemos independizar plantas o zonas enteras mediante válvulas de zonas. En cuanto a los equipos de mezcla y bombeo los más sencillos son los que establecen una temperatura de impulsión fija mediante una mezcladora mientras que el equipo climático impulsa el agua a temperatura variable.

9. Mortero. El mortero es el componente final, encargado de emitir el calor del suelo radiante. Antes de verter este, debemos realizar la prueba de presión establecida según la norma UNE EN 1624 para comprobar que no existen fugas antes de proceder a tapar los circuitos.

Son muchas las ventajas que nos llevan a decantarnos por suelo radiante frente a otros tipos de ventilación como son:

- Se trata de un sistema económico frente a otros sistemas de calefacción, con un funcionamiento del mismo continuo (no indicado este parámetro para uso ocasional)
- El sistema de suelo radiante es un sistema saludable gracias a su funcionamiento a baja temperatura el gradiente de temperatura en la estancia es pequeño lo cual evita que el aire cree corrientes que resequen el ambiente, provoquen el movimiento de polvo y microorganismos (ácaros) en el ambiente; de manera que obtenemos un entorno higiénico y saludable. Por estos motivos es el único sistema recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Es un sistema invisible lo cual nos evita elementos invasivos, y a la vez disminuye el riesgo de quemaduras de los radiadores y la suciedad en la pared que estos generan.
- Es un sistema que se ajusta de una manera muy adecuada al perfil óptimo de temperaturas humano
- Es un sistema fácilmente integrable con cualquier tipo de acabado, aunque haya unos preferibles por cuestiones de rendimiento.
- Nos proporciona una temperatura uniforme gracias a ser el suelo el encargado de producir la irradiación, y al ser un sistema de intercambio de calor por radiación, y no ser necesario ningún fluido, también podemos hablar de un sistema altamente eficiente.
- Además de las anteriores, como bien explicábamos en el apartado de partes que comportan el sistema; podemos entender como el conjunto de plancha aislante y mortero de cemento se comportan como un suelo flotante, aumentando así el aislamiento del espacio tanto térmico, como para el cumplimiento de las exigencias de aislamiento a ruido.

2.4 APLACACIÓN DEL ESTÁNDAR PASSIVHAUS EN EDIFICIO RESIDENCIAL PÚBLICO: RESIDENCIA EN CAMARZANA DE TERA

Información técnica y descripción del edificio

Arquitectos: CSO Arquitectura

Ubicación: C/Carretera, 127 Camarzana de Tera, Zamora 49332

Año: 2019

Tipología: Hospitalaria - geriátrica

Superficie construida: 791,77 m²

Superficie útil: 540 m²

El proyecto realizado en CSO Arquitectura que cuenta con la certificación Passivhaus nace de la necesidad de ampliar la residencia de ancianos realizada en 2005 por los mismos arquitectos en el municipio de Camarzana de Tera, Zamora.



ESTADO PREVIO DE LA PARCELA CON LA RESIDENCIA PRIMITIVA. FUENTE: *GOOGLE EARTH*

En el diseño de la primera residencia los arquitectos ya empezaron a tener en cuenta algunos parámetros sostenibles a la hora de proyectar el edificio como la realización de una cubierta verde, la colocación de placas solares fotovoltaicas y un sobreaislamiento térmico. Por tanto, partiendo de esta base, en la ampliación los arquitectos decidieron dar un paso más hacia la sostenibilidad y diseñar el proyecto con los parámetros definidos para conseguir la certificación Passivhaus, siendo así el primer edificio hospitalario-geriátrico en conseguirlo.

Para poder afrontar las decisiones oportunas, el primer punto en el que debían enfocarse es en la localización, y por tanto en el clima de esta zona, el cual, está caracterizado por tener unos veranos muy fríos y nublados (pudiendo llegar a alcanzar los -4°C) y unos veranos cortos pero calurosos y secos (pudiendo llegar a 34°C). Por lo general la temperatura media durante el año suele variar entre 0°C y 29°C, lo cual deja una horquilla muy amplia de variación.

Una vez que hemos estudiado las condiciones climatológicas del municipio en el que nos encontramos, tanto de variación de temperatura, de soleamiento, de orientación, de pluviometrías; nos encontramos en situación de decidir cuál es la

mejor orientación del mismo. Como la parcela lo permitía, y podíamos ajustar el diseño a ello se procuró orientar el edificio a sur, de esta manera podemos obtener altas ganancias térmicas en invierno, y además se puede plantear el uso de placas solares hacia esta misma orientación.

Otro punto a tener en cuenta en el diseño es la búsqueda de la ampliación como una continuación de la residencia original, y por tanto debían conseguir un edificio que pudiera dialogar con el original. Esto llevo a plantear un edificio peine, el cual mantiene su continuidad en el lado opuesto de la parcela, mientras que los patios se abren hacia el edificio existente creando así una relación visual y de conexión; siendo la posición de los patios sometida también a estudio. De esta manera el edificio aparece como un zócalo semienterrado de la residencia original y se funde al jardín en la imagen que vemos en el acceso a la parcela. Esta decisión tomada en relación a las existencias, genera problemas en la búsqueda de la certificación Passivhaus puesto que el factor de forma (relación volumen-superficie) del edificio no es el idóneo, ya que tiene muchos metros lineales de fachada con respecto al volumen del edificio.



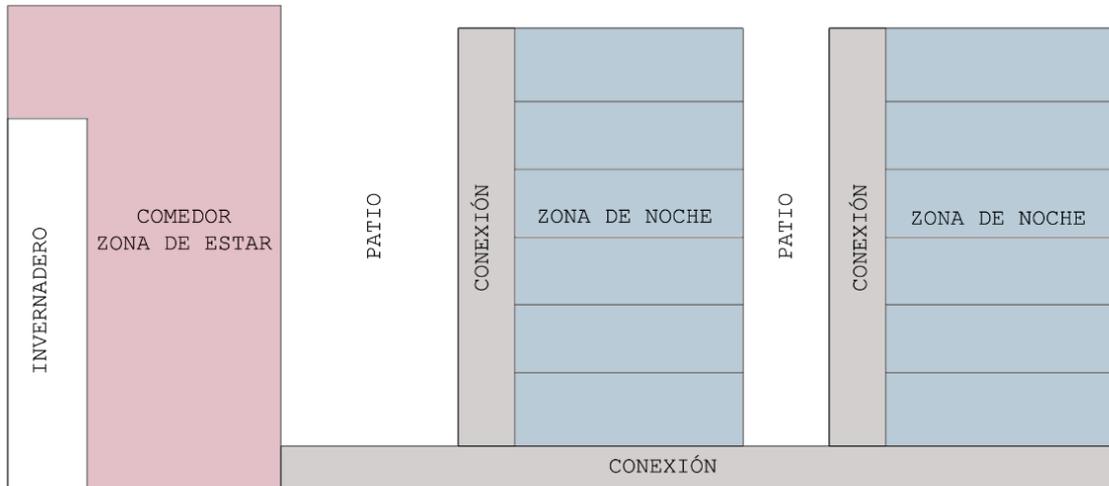
ESTADO ACTUAL DE LA PARCELA CON LA RESIDENCIA ORIGINAL Y LA AMPLIACIÓN.
FUENTE: HOSPITECNIA. AUTOR: DAVID FRUTOS

Como podemos apreciar en la imagen anterior, el proyecto transforma la parcela en dos planos vegetales, el superior el cual une el acceso a la parcela con la cubierta ajardinada y transitable del nuevo edificio y el inferior, cuya función es unir los patios del nuevo proyecto con el volumen inicial.



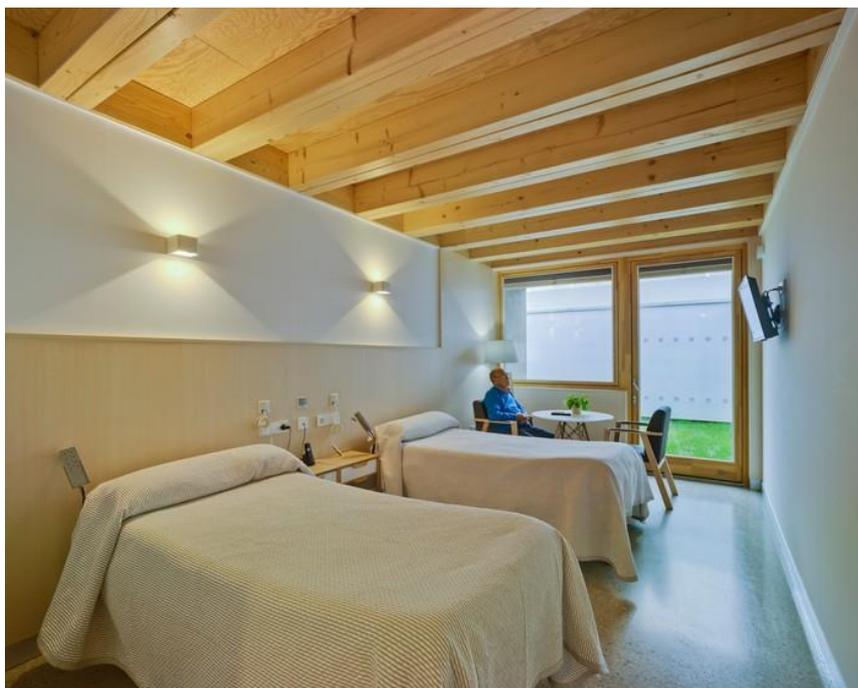
COMPOSICIÓN IDEA DE PROYECTO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

El nuevo edificio se subdivide en bandas transversales mono programáticas atadas por un pasillo longitudinal. La primera banda que se aprecia desde la entrada sería la del invernadero, la cual conecta directamente con la banda de comedor y zona común, dando un gran servicio a esta. Además de esta, cuenta con otras dos bandas paralelas correspondientes a la zona de noche, contando con 6 habitaciones en cada una de ellas.



PLANTA ESQUEMÁTICA DE DISTRIBUCION DEL EDIFICIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Por otro lado, el diseño de este edificio tampoco fue sencillo en cuanto a su distribución, puesto que debía responder a las exigencias de la normativa de Castilla y León de manera que se medicalizara la arquitectura. De esta forma se debían de unificar diseño y la creación de unidades de convivencia para los ancianos. Estas unidades de convivencia debían contar con un número concreto de habitaciones que se pudieran entender como “hogares” independientes, pero a la vez todas debían estar unidas de una manera accesible e inmediata, y contar con zonas comunes de relación. Esa sensación de hogar se buscó mediante el diseño utilizando la madera para los acabados, provocando así una sensación de calidez y de espacios acogedores.



UNIDAD DE HABITACIÓN. FUENTE: HOSPITECNIA. AUTOR: DAVID FRUTOS

Estas unidades de habitación pese a pertenecer a una residencia, se diseñaron con baño propio y pequeño salón donde poder recibir a familiares y amigos manteniendo así la privacidad del usuario, o conectando estas unidades entre si y creando espacios comunes donde los usuarios se pueden relacionar.



ZONA DE DÍA Y PASILLO QUE CONECTA CON ZONAS DE NOCHE. FUENTE: HOSPITECNIA
AUTOR: DAVID FRUTOS

En todo el edificio, otro factor a tener en cuenta es la accesibilidad, puesto que el edificio es una residencia pensada para personas de edad avanzada, las cuales, en algunos casos cuentan con movilidad reducida. De esta manera y pensando también en una fácil evacuación en caso de incendio con salida a un sitio seguro, todas las habitaciones cuentan con salida directa al exterior, y todas las zonas comunes cuentan con varias salidas que también lo favorecen. Además de estas salidas, también cuentan con accesibilidad todos los pasillos que conectan el edificio y los baños privados. La continuidad de pavimento interior- exterior en los porches además de formar parte del diseño y la imagen del edificio, favorece la accesibilidad y el movimiento entre las diversas zonas.

Una vez hemos entendido la distribución de edificio y su utilización podemos entender cómo pese a las pérdidas que se puedan ocasionar por este factor de forma que nos deja gran cantidad de metros de fachada, debemos tener en cuenta todas las ventajas que nos proporciona el diseño en función de la orientación del edificio.

Podemos apreciar como los patios se crean con una orientación a sur, y hacia esta orientación vuelcan grandes cristalerías de las habitaciones que nos permiten recibir una gran cantidad de energía solar en invierno, mientras que el porche que actúa de zona semi-privada nos conecta patio y habitación, nos protege de las ganancias

solares en las épocas de mayor calor. Por el contrario, en la orientación norte de estas bandas pertenecientes a la zona nocturna, lo que se disponen son los pasillos que conectan todas las habitaciones, además, se crea una línea de almacenamiento en la parte contigua a la cara exterior norte que además de proporcionar un gran servicio de almacenamiento, nos amortigua las variaciones de temperatura.



PATIO Y PORCHES DE LA ZONA NOCTURNA. FUENTE: HOSPITECNIA. AUTOR: DAVID FRUTOS

En la banda diurna, la estrategia de diseño es otra, mantenemos la fachada acristalada con salida al patio común en la orientación sur, aunque en la orientación norte en este caso se crea un invernadero que nos proporciona varias funciones: un patio cubierto que poder usar todo el año, una zona muy optima para el crecimiento de muchas plantas los cual nos proporciona una actividad para los usuarios, atempera el aire exterior de manera que la zona de dia tambien puede contar con una cristalera a norte que le produzca muy buena iluminacion y por ultimo en verano nos permite crear una ventilacion cruzada que junto con los sistemas mecanicos nos permita conseguir una temperatura adecuada de confort.



ZONA INVERNADERO. FUENTE: HOSPITECNIA. AUTOR: DAVID FRUTOS

Como estamos observando, este edificio no solo cuenta con muchos metros lineales de fachada, sino que gran parte de esta se encuentra acristalada. Aunque la mayoría de vidrios de las fachadas tienen orientación sur y este, se debió tener en cuenta que los certificados Passivhaus no permiten colocar carpinterías exteriores correderas, ya que estas no nos permiten un sellado totalmente hermético y tendríamos pérdidas por filtraciones de aire incontroladas, por lo que en el diseño se tuvo que optar por una continuidad del pavimento exterior-interior y colocación de puertas batientes acristaladas con grandes ventanales fijos.



ZONA DE DÍA CON CRISTALERA A NORTE Y SUR. FUENTE: HOSPITECNIA. AUTOR: DAVID FRUTOS

En lo referente a la construcción, los arquitectos procuraron buscar la manera de disminuir la huella ecológica del edificio, de esta manera optaron por una solución constructiva basada en un sistema prefabricado de estructura de entramado ligero de madera de abeto que se realizaba en un taller de Barcelona. Este sistema elaborado inicialmente en Barcelona, se traslada, panelizado, en camiones a Zamora, y se remata montándolo en obra. Utilizando esta manera de construcción se busca ahorrar tiempo, costes, una mejora en el comportamiento del edificio, y por supuesto disminuir su huella ecológica. Al realizar toda la estructura de madera, se consigue una ausencia de puentes térmicos en diferentes puntos del edificio.



COLOCACIÓN PREFABRICADOS DE MADERA EN OBRA. FUENTE: CSO ARQUITECTOS

En las zonas de la envolvente opacas, el edificio cuenta con una fachada ventilada con acabado exterior de policarbonato celular con aislamiento de 20 cm de lana de roca; lo cual al ser zonas orientadas a norte nos favorece al confort.

De esta manera, el sobreaislamiento del edificio, las carpinterías de madera de vidrio triple y la cubierta ajardinada, nos mejoran en gran forma los datos de transmitancia térmica de la envolvente.

Además de todo, el edificio no solo tiene en cuenta el diseño y la funcionalidad, sino que se concibe como una máquina energética que no solo nos permita conseguir el máximo ahorro posible, sino lograr a través de sus estrategias mejorar la calidad del aire que encontramos en su interior, una temperatura de control óptima para el uso, un control adecuado del soleamiento, etc.

Incluso este edificio que consideramos máquina energética, no solo es capaz de abastecerse energéticamente a sí mismo, sino que tiene una sobreproducción energética que es derivada al edificio original, aunque esto lo entenderemos más adelante cuando entendamos los sistemas energéticos con los que cuenta el edificio.

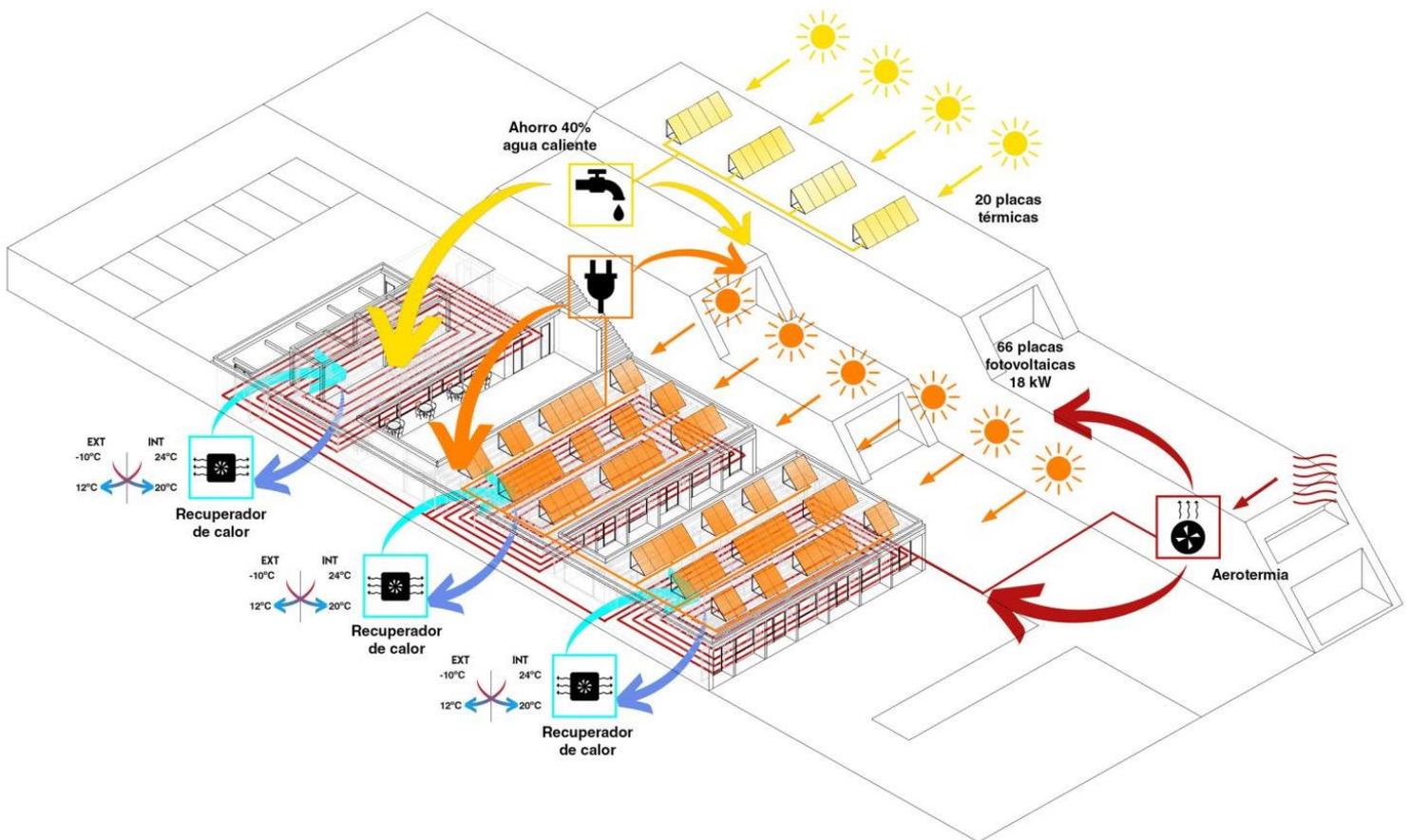
A. SISTEMAS DE APORTE DE ENERGÍA ACTIVAS

-18 kw de placas solares fotovoltaicas, (edificio nuevo, 76 en total, 38 sobre cada ala nocturna)

-20 paneles solares térmicos (edificio antiguo)

-ventilación mecánica con recuperadores de calor

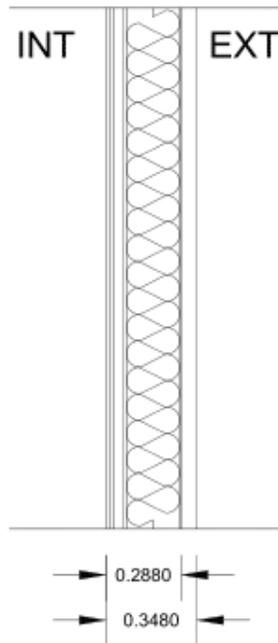
-climatización mediante aerotermia para suelo radiante-refrescante, con 2 depósitos de 2000l



ESQUEMA DE SISTEMAS DE APORTE DE ENERGIA ACTIVAS. FUENTE: CSO ARQUITECTOS

B. SISTEMAS DE APORTE DE ENERGÍA PASIVOS

1. SOBREAISLAMIENTO FACHADA U: 0,195W/m²K

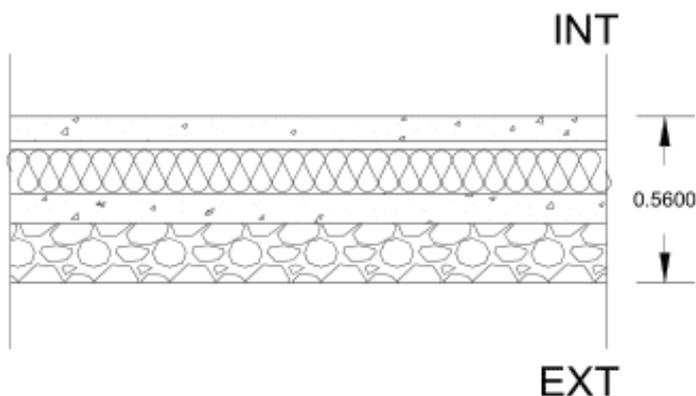


La fachada está compuesta formando un total de 28,8 cm de exterior a interior por:

- 9 mm Tablero OSB-3
- 200 mm KNAUF Ultracoustic R 0.037 (aislante, lana de roca)
- 9 mm Tablero OSB-3
- 40 mm Cámara de instalaciones
- 15 mm Placa de yeso laminado
- 15 mm Placa de yeso laminado

DETALLE CONSTRUCTIVO FACHADA. FUENTE: ELABORACION PROPIA

2. SOBREAISLAMIENTO SOLERA U:0,18W/m²K

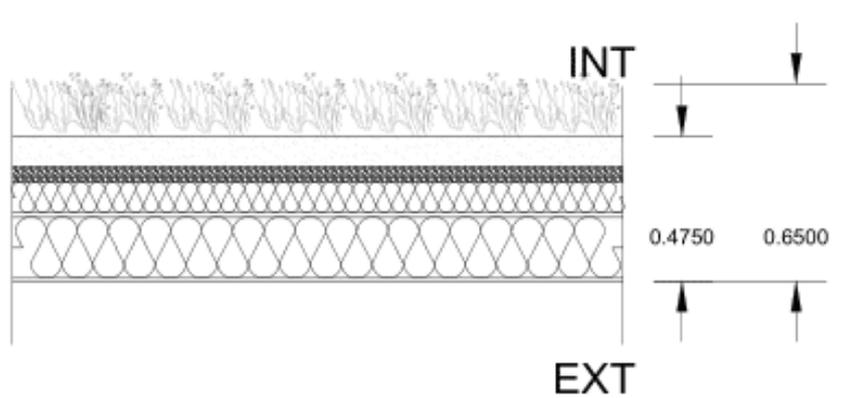


DETALLE CONSTRUCTIVO SOLERA. FUENTE: ELABORACION PROPIA

La solera está compuesta formando un total de 56 cm de exterior a interior por:

- 200 mm Grava
- 100 mm Hormigón Armado
- 50 mm EFYOS XPS SL 0.034 (aislante, XPS)
- 50 mm EFYOS XPS SL 0.034 (aislante, XPS)
- 50 mm EFYOS XPS SL 0.034 (aislante, XPS)
- 30 mm Aislamiento Suelo Radiante 0.033
- 80 mm Hormigón Pulido

3. SOBREAISLAMIENTO CUBIERTA AJARDINADA EXTENSIVA U: 0,125W/m2K



DETALLE CONSTRUCTIVO CUBIERTA. FUENTE: ELABORACION PROPIA

La cubierta está compuesta formando un total de 42,5 cm de exterior a interior por:

- 100 mm Tierra vegetal
- 50 mm Grava
- 100 mm EFYOS XPS SL 0.034
- 16 mm Tablero OSB-3
- 200 mm KNAUF Ultracoustic R 0.037 (aislante, lana de roca)
- 9 mm Tablero OSB-3

4. CARPINTERIA DE MADERA CON VIDRIO TRIPLE

Las ventanas de triple vidrio son más eficientes energéticamente que las de vidrio doble y simple, estos cristales adicionales de vidrio producen más aislamiento. Aunque lo importante no es solo el vidrio, sino también el material que nos encontremos entre cada panel; por tanto, una ventana de triple vidrio tiene 5 veces más capas que una de vidrio simple.

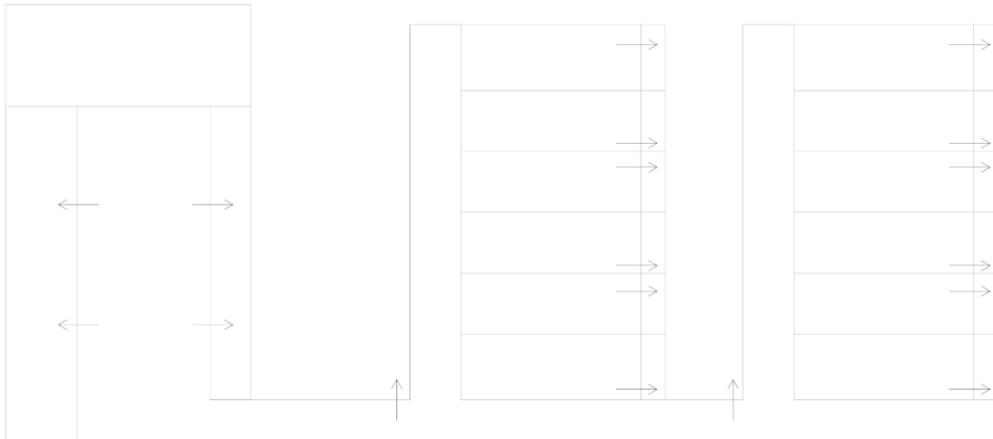
Las propiedades aislantes de las múltiples capas protegen del exterior no solo térmicamente, sino también acústicamente.

El vidrio triple utilizado es el 4+4E/14/4/14/4+4BE Ar 90%, el cual nos aporta una transmitancia de $U_g = 0,64 \text{ W/m}^2\text{K}$.

La carpintería se ha realizado en madera al igual que toda la estructura del edificio, y esto nos da ventajas como la durabilidad y resistencia del material, un muy buen aislamiento que complementa a la perfección con el triple vidrio y además esa sensación buscada en el diseño de todo el edificio de crear un ambiente acogedor y hogareño.

La carpintería utilizada tanto para carpintería fija como para abatible es el marco ROI Elite 92 con un valor $U_f = 1,21 \text{ W/m}^2\text{K}$.

5. VENTILACION NATURAL



ESQUEMA DE LA VENTILACION NATURAL DEL EDIFICIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Todas las estancias cuentan con ventilación natural al exterior, en el caso de los dormitorios lo hacen al sur, consiguiendo así una ventilación del espacio que aun no siendo cruzada al ser espacios pequeños no hay problema al tratarse de un dormitorio. Y en el caso de la zona de comedor y espacio común cuenta con ventilación natural cruzada norte – sur mediante la cual se produce una muy sencilla ventilación natural.

6. CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA PARA RIEGO

En las cubiertas del nuevo edificio se ha dispuesto un sistema de captadores en la cubierta con el fin de recuperar las aguas pluviales. De esta forma, el agua se recoge mediante sumideros en la cubierta, se conduce por las bajantes hasta los depósitos de almacenamiento.

A la entrada de este depósito se coloca un filtro para evitar suciedad, o que se cuelen otros elementos como hojas; posteriormente esta agua disponible se impulsa y se utiliza a través de la red correspondiente para el riego de la vegetación que compone la parcela.

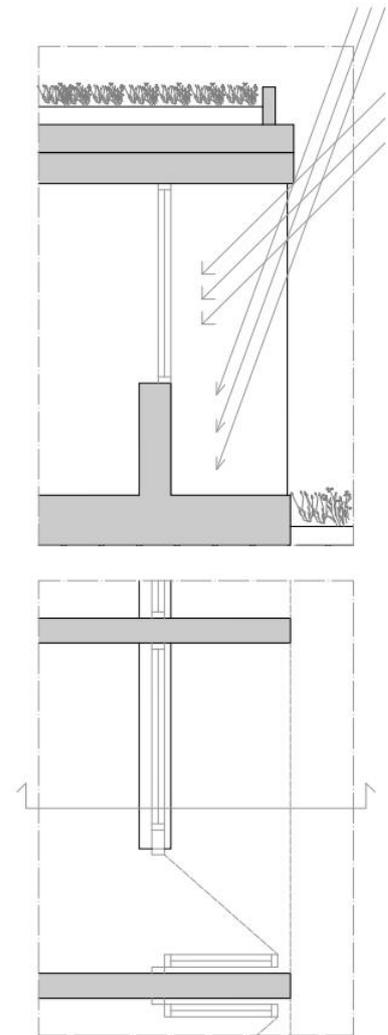
7.CONTROL SOLAR MEDIANTE PORCHES

Tanto en la zona de dormitorios como en la zona de uso comunitario, en la orientación sur, cuyas fachadas cuentan con grandes ventanales era necesaria una estrategia para controlar la radiación solar en función de la época del año.

La opción elegida fue la creación de unos porches que, a la vez de dar solución a la estrategia frente a la radiación, también sirvieran de terraza exterior "privada" para los dormitorios, y de zona exterior de convivencia en el ala común.

Con esta solución en invierno conseguimos una elevada ganancia solar gracias a la radiación, pero en verano, gracias a los voladizos de un metro que encontramos en los dormitorios y algo más de metro y media en el estar, conseguimos controlar la radiación solar directa aun manteniendo un alto nivel de iluminación natural.

ESQUEMA DE LA RADIACIÓN SOLAR Y EL PORCHE EN EL EDIFICIO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



8.INVERNADERO EN LA ZONA COMUNITARIA

En la zona de estar comunitaria además de la estrategia de voladizo a sur mencionada anteriormente, en la fachada a norte también contamos con enormes ventanales. Para poder conseguir esta iluminación natural a norte, la solución adoptada fue la de crear un patio interior invernadero, puesto que debíamos situar en la parte final un muro de contención para dar solución estructural a la diferencia de altura entre la cota de calle y la cota de la residencia. Al crear el patio favorecemos la creación de un espacio exterior que en verano nos favorecerá la ventilación natural cruzada y la vez al estar a norte se convertirá en un sitio exterior agradable; y a la vez en invierno al ser un invernadero y poder cerrarlo nos seguirá manteniendo un espacio semi-exterior estancial, y a la vez nos amortiguará la diferencia de temperatura entre exterior e interior de nuestro edificio.

C. CERTIFICACIÓN CLASSIC, DATOS PHPP:

() Datos aportados por CSO Arquitectos*

Ventilación mecánica con recuperador de calor, paneles solares térmicos y aerotermia y distribución por suelo radiante-refrescante. Sistema de 76 paneles fotovoltaicos con capacidad de generación de 15.038 KWh/a.

- Demanda y carga de calefacción: Demanda: 15.1 KWH/M2A, Carga: 13.06 W/m2

- Demanda y carga de refrigeración: Demanda: 7.26 KWH/M2A, Carga: 8.3 W/m2

-Hermeticidad al aire: 0.641/h

- Demanda energía primaria: 119.75kWh/m2a

(*) Elaboración propia del certificado PHPP:

1. CLIMA

El primer paso para realizar los cálculos de phpp consiste en la elección del clima en el que se encuentra nuestro edificio, por tanto, debemos seleccionar la zona climática en la que nos encontramos, y en función de la misma el programa no aportará los datos automáticamente necesarios en función del clima.

Observando la tabla que encontramos en el Anejo B del DB HE CTE, podemos conocer la zona climática de nuestro emplazamiento en función de su provincia y su altitud respecto al nivel del mar. En nuestro caso, ya que nos encontramos en la provincia de Zamora y a una altitud de 735m, podemos deducir que nos encontramos en la Zona Climática D2.

FUENTE: CTE

Tabla a-Anejo B. Zonas climáticas

Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)																									
	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	151 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1100 m	1101 - 1150 m	1151 - 1200 m	1201 - 1250 m	1251 - 1300 m	≥ 1301 m
Albacete	C3							D3							E1											
Alicante/Alacant	B4				C3							D3														
Almería	A4		B4		B3			C3					D3													
Araba/Álava	D1							E1																		
Asturias	C1	D1							E1																	
Ávila	D2							D1			E1															
Badajoz	C4					C3		D3																		
Balears, Illes	B3				C3																					
Barcelona	C2				D2			D1			E1															
Bizkaia	C1							D1																		
Burgos	D1							E1																		
Cáceres	C4							D3						E1												
Cádiz	A3		B3			C3		C2			D2															
Cantabria	C1	D1							E1																	
Castellón/Castelló	B3		C3					D3		D2			E1													
Ceuta	B3																									
Ciudad Real	C4					C3		D3																		
Córdoba	B4		C4					D3																		
Coruña, A	C1			D1																						
Cuenca	D3							D2			E1															
Gipuzkoa	D1				E1																					
Girona	C2		D2					E1																		
Granada	A4	B4			C4			C3			D3		E1													
Guadalajara	D3							D2		E1																
Huelva	A4	B4	B3		C3					D3																
Huesca	C3			D3			D2			E1																
Jaén	B4					C4			D3			E1														
León	E1																									
Lleida	C3		D3					E1																		
Lugo	D1							E1																		
Madrid	C3							D3			D2		E1													
Málaga	A3		B3			C3					D3															
Melilla	A3																									
Murcia	B3		C3					D3																		
Navarra	C2	D2			D1				E1																	
Ourense	C3		C2		D2					E1																
Palencia	D1							E1																		
Palmas, Las	α3				A2					B2		C2														
Pontevedra	C1			D1																						
Rioja, La	C2		D2					E1																		
Salamanca	D2							E1																		
Santa Cruz de Tenerife	α3				A2					B2		C2														
Segovia	D2							E1																		
Sevilla	B4		C4																							
Soria	D2							D1	E1																	
Tarragona	B3		C3			D3																				
Teruel	C3					C2		D2			E1															
Toledo	C4							D3																		
Valencia/València	B3	C3					D2			E1																
Valladolid	D2							E1																		
Zamora	D2							E1																		
Zaragoza	C3			D3					E1																	

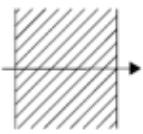
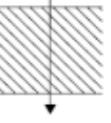
2. VALORES-U

En este apartado nos centraremos en la descripción de la composición de los diferentes elementos constructivos que componen el edificio y además calcularemos su transmitancia térmica.

Para conocer la conductividad térmica de los diferentes elementos que constituyen el edificio, se ha recurrido a la ficha técnica de los elementos cuyas marcas comerciales eran conocidas, y a los valores definidos por el CTE para aquellos que no.

El primer valor a definir es la transmitancia térmica superficial de los diversos cerramientos en contacto con el aire exterior, y para ello recurrimos a los valores marcados en el CTE.

Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior [$m^2 \cdot K / W$]

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		R_{se}	R_{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (suelo)		0,04	0,17

FUENTE: CTE

En el caso de los aislantes, elemento más importante para satisfacer los criterios Passivhaus referentes a energía, utilizados tanto en fachada como en cubierta y solera, tenemos información de los arquitectos de que son:

- XPS SL, EFYIOS en diferentes espesores, utilizada en cubierta y forjado planta baja, cuya transmitancia es $U=0.036$

XPS SL: cubierta plana invertida, cubierta inclinada (teja anclada con rastrel) y aislamiento para suelos.

Código	Dimensiones mm	Espesor mm	R_b	Unidades/paquete	m^2 /palet	m^2 /paquete	
P110101	1250 x 600 (0,75 m^2)	30	0,90	14 paneles/paquete	126,00	10,50	
P110102		40	1,20	10 paneles/paquete	90,00	7,50	
P110103		50	1,50	8 paneles/paquete	72,00	6,00	
P110104		60	1,80	7 paneles/paquete	63,00	5,25	
P110128 (*)		70	1,95	6 paneles/paquete	54,00	4,50	
P110105		80	2,20	5 paneles/paquete	45,00	3,75	
P110107		100	2,80	4 paneles/paquete	36,00	3,00	
P110117 (*)		120	3,35	3 paneles/paquete	31,50	2,25	

Cuadro Técnico

Nombre Comercial	Conductividad térmica ($W/m \cdot K$) a $10^\circ C$	Resistencia a la compresión mín. 10%	Reacción al fuego	Absorción de agua (%)	Tolerancias espesor (mm)	Superficie
XPS SL	0,034 (30-60 mm) 0,036 (> 60 mm)	300	E	$\leq 0,7$	+2/-2 (< 50 mm) +3/-2 (≥ 50 mm)	Lisa

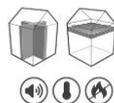
FICHA TÉCNICA XPS SL. FUENTE: EFYOS

- Lana de roca Ultracoustic R, KNAUF, utilizada en cubierta y fachada, cuya transmitancia es $U=0.037$

Ultracoustic R



CE MW-EN 13162:T2-AFr5



Toda nuestra gama de lanas minerales cumplen con: CE

	VALOR (SÍMBOLO)	UNIDAD	NORMATIVA
Conductividad térmica	0,037 (λ D)	W / m·K	EN 12667
Tolerancia de espesor	T2 (-5 / +15)	mm / %	EN 823
Reacción al fuego	Euroclase A1 "no combustible"	-	EN 13501-1
Resistencia al flujo del aire	≥ 10 (AFr)*	kPa / m ²	EN 29053
Factor de resistencia a la difusión de vapor agua	1 (μ)	-	EN 12086

* Ensayos internos.

FICHA TÉCNICA ULTRACOUSTIC R. FUENTE: KNAUF INSULATION

El resto de superficies que componen los diversos elementos constructivos serian:

FACHADA:

- Policarbonato VIROC

ESTANDAR DE FABRICACION

Espesor	90-114 mm
Estructura serie 600	6+4+6 paredes
Estructura serie 900	7+4+7 paredes
Ancho útil módulo	600-900 mm
Longitud panel	sin límite

CARACTERISTICAS

Aislamiento térmico	0,7÷0,5 W/m ² K
Aislamiento acústico	25÷27 dB
Dilatación lineal	0,065mm/m°C
Temperatura de uso	-40°C +120 °C
Protección rayos UV	Coextrusión dos lados
Reacción al fuego EN 13501	EuroClass B-s1,d0

FICHA TÉCNICA POLICARBONATO. FUENTE: VIROC

- Cámara de instalaciones, de acuerdo con el CTE

Tabla 2 Resistencias térmicas de cámaras de aire en m²·K/ W

e (cm)	Sin ventilar	
	horizontal	vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
5	0,16	0,18

FUENTE: CTE

- Lamina impermeable Rothoblass

Propiedad	normativa	valor	conversión USC
Gramaje	EN 1849-2	112 g/m ²	0.37 oz/ft ²
Espesor	EN 1849-2	0,4 mm	16 mil
Transmisión de vapor de agua (Sd)	EN 1931	0,03 m	-
Transmisión del vapor de agua (dry cup)	ASTM E96/ E96M	101 US perm 5810 ng/(s·m ² ·Pa)	- -
Resistencia a la tracción MD/CD	EN 12311-1	250 / 165 N/50mm	29 / 19 lbf/in
Alargamiento MD/CD	EN 12311-1	50 / 70 %	-
Resistencia a desgarro por clavo MD/CD	EN 12310-1	115 / 135 N	26 / 30 lbf
Estanquidad al agua	EN 1928	clase W1	-
Resistencia térmica	-	-40 / 80 °C	-40 / 176 °F
Reacción al fuego	EN 13501-1	clase E	-
Resistencia al paso del aire	EN 12114	< 0,02 m ³ /(m ² h50Pa)	< 0,001 cfm/ft ² at 50Pa
Conductividad térmica (λ)	-	0,3 W/(m·K)	0.17 BTU/h·ft ² ·F
Calor específico	-	1800 J/(kg·K)	-
Densidad	-	aprox. 264 kg/m ³	aprox. 0.15 oz/in ³

FICHA TÉCNICA LAMINA IMPERMEABLE TRASPIR 110. FUENTE: ROTHOBLOSS

- Trasdosado PLACO BA 15

Características	Valor
Normas	EN 520, Placas de yeso laminado. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.
Espesor de la placa	15 mm
Tolerancia de espesor de la placa	+/- 0,5 mm
Color de la cara	Marfil
Color del dorso	Gris
Tipo de borde longitudinal	Borde Afinado (BA)
Tipo de borde transversal	Borde Cuadrado (BC)
Conductividad térmica	0,25 W/m.K

FICHA TÉCNICA PLACO BA 15. FUENTE: PLACO SAINT-GOBAIN

CUBIERTA:

- Tierra vegetal

Materiales	ρ	λ	C _p
Genérico	< 2050	0.52	1840

FUENTE: CTE

- Grava

Materiales	ρ	λ	C _p	μ
Genérico	1700-2200	2	910-1180	50

FUENTE: CTE

- Membrana PVC Palau

Características técnicas	Normas	Unidades	Valor norma UNE 104416	Resultados ensayos
Espesor	UNE-EN 1849-2	mm	1,2	1,2
Masa	UNE-EN 1849-2	Kg/m ²		1,45 ± 5%
Carga máxima tracción (tubo rectangular)	UNE-EN 12311-2	N/50 mm	≥ 1000	≥ 1050
Elongación máxima tracción (tubo rectangular)	UNE-EN 12311-2	%	≥ 15	≥ 15
Resistencia al impacto	UNE-EN 12691	mm	≥ 600	≥ 700
Resistencia al desgarro	UNE-EN 12310-2	N	≥ 130	L ≥ 242-T ≥ 247
Plegado en frío	UNE-EN 495-5	°C	≤ - 25	≤ - 25
Impermeabilidad al agua (6 h a 0,5 Mpa)	UNE-EN 1928 (B)			Impermeable
Reacción al fuego	EN ISO 11925-2 UNE-EN 13501-1			E
Conductividad térmica		λ		0,17 W/m-K
Durabilidad (estimación de vida útil)	British Board of Agrément	Años		≥ 35

FICHA TÉCNICA MEMBRANA PVC. FUENTE: PALAU

- Lamina impermeable Renolit Alkorplan A

Suministro	Espesor	Anchura	Peso	Longitud	Peso/rollo
RENOLIT ALKORPLAN A ₃₅₂₇₉	1,2 mm	2,10 m	1,86 kg/m ²	15 ml	ca. 57 kg
	1,5 mm	2,10 m	2,25 kg/m ²	15 ml	ca. 71 kg

Características técnicas	Normas	Valores promedio RENOLIT ALKORPLAN A		Unidades
		1,2 mm	1,5 mm	
Resistencia a la tracción	EN 12311-2	≥ 825	≥ 850	N/50 mm
Alargamiento a la rotura	EN 12311-2	≥ 50	≥ 55	%
Estabilidad dimensional	EN 1107-2	≤ 0,5	≤ 0,5	%
Doblado a bajas temperaturas	EN 495-5	≤ -25	≤ -25	°C
Resistencia al desgarro	EN 12310-2	≥ 325	≥ 350	N
Resistencia al desgarro (clavo)	EN 12310-1	≥ 550	≥ 625	N
Resistencia al pelado de los solapes	EN 12316-2	≥ 200	≥ 225	N/50 mm
Permeabilidad a la transmisión de vapor de agua (μ)	EN 1931	20.000*	20.000*	-
Resistencia a una carga estática	EN 12730	≥ 20	≥ 20	kg

FICHA TÉCNICA LAMINA IMPERMEABLE PVC ALKORPLAN A. FUENTE: RENOLIT

SOLERA:

- Hormigón pulido

Materiales	ρ	λ	C_p	μ
Genérico	2300-2600	2	1000	80
Genérico	2000-2300	1.65	1000	70

FUENTE: CTE

- Recrecido mortero

Materiales	ρ	λ	C_p	μ
Genérico	> 2000	1.8	1000	10
Genérico	1800-2000	1.3	1000	10

FUENTE: CTE

- Solera hormigón armado

Materiales	ρ	λ	C_p	μ
Genérico	> 2500	2.5	1000	80
Genérico	2300-2500	2.3	1000	80

FUENTE: CTE

Recopilando todos estos datos en los elementos correspondientes, obtenemos las transmitancias térmicas totales.

Nr. elem. cons. Denominación de elemento constructivo

1 FACHADA CON POLICARBONATO

¿Aislamiento interior? **Si**

Resistencia térmica superficial [m²K/W] interior R_{si}: **0,13**
 exterior R_{se}: **0,04**

Superficie parcial 1	λ [w/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [w/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [w/(mK)]	Esesor [mm]
1 POLICARBONATO	0,130					90
2 TABLERO OSB-3	0,130					9
3 KNAUF ULTRACOUSTIC	0,037					200
4 TABLERO OSB-3	0,130					9
5 CAMARA INSTALACIONES	0,220					40
6 LAMINA IMPERMEABILIZAN	0,300					0,4
7 PLACA YESO LAMINADO	0,250					15
8 PLACA YESO LAMINADO	0,250					15

Porcentaje superficie parcial 1: 100% Porcentaje superficie parcial 2: Porcentaje superficie parcial 3:

Suplemento al valor-U W/(m²K) Valor-U: **0,149** W/(m²K)

Total **37,8** cm

Nr. elem. cons. Denominación de elemento constructivo

2 FACHADA VENTANALES

¿Aislamiento interior? **Si**

Resistencia térmica superficial [m²K/W] interior R_{si}: **0,13**
 exterior R_{se}: **0,04**

Superficie parcial 1	λ [w/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [w/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [w/(mK)]	Esesor [mm]
1 TABLERO OSB-3	0,130					9
2 KNAUF ULTRACOUSTIC	0,037					200
3 TABLERO OSB-3	0,130					9
4 CAMARA INSTALACIONES	0,220					40
5 LAMINA IMPERMEABILIZAN	0,300					0,4
6 PLACA YESO LAMINADO	0,250					15
7 PLACA YESO LAMINADO	0,250					15
8						

Porcentaje superficie parcial 1: 100% Porcentaje superficie parcial 2: Porcentaje superficie parcial 3:

Suplemento al valor-U W/(m²K) Valor-U: **0,166** W/(m²K)

Total **28,8** cm

En los valores de transmitancia en la fachada, al realizar los cálculos he encontrado discrepancia con el valor original aportado por los arquitectos (U= 19,5W/m²K), pese a que el elemento más influyente en este cálculo es el aislamiento, y si era conocedora del material y la marca comercial exacta.

Nr. elem. cons. Denominación de elemento constructivo ¿Aislamiento interior? No

3 FACHADA OESTE MURO HORMIGON

Resistencia térmica superficial [m²K/W] interior R_{si}: **0,13**
 exterior R_{se}: **0,04**

Superficie parcial 1	λ [w/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [w/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [w/(mK)]	Espesor [mm]
1. MURO HORMIGON	2,500					300
2. LAMINA IMPERMEABILIZAC	0,300					0,4
3. AISLANTE PYL	0,032					80
4. TRASDOSADO PYL	0,250					12,5
5.						
6.						
7.						
8.						
Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
100%						39,3 cm

Suplemento al valor-U W/(m²K) Valor-U: **0,352** W/(m²K)

Nr. elem. cons. Denominación de elemento constructivo ¿Aislamiento interior? Si

4 MEDIANERA MURO DE CARGA-ESTE

Resistencia térmica superficial [m²K/W] interior R_{si}: **0,13**
 exterior R_{se}: **0,04**

Superficie parcial 1	λ [w/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [w/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [w/(mK)]	Espesor [mm]
1. MURO HORMIGON	2,500					250
2. LAMINA IMPERMEABILIZAC	0,300					0,4
3. AISLANTE PYL	0,032					80
4. TRASDOSADO PYL	0,250					12,5
5.						
6.						
7.						
8.						
Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
100%						34,3 cm

Suplemento al valor-U W/(m²K) Valor-U: **0,354** W/(m²K)

Nr. elem. cons. Denominación de elemento constructivo ¿Aislamiento interior? Si

5 CUBIERTA VEGETAL

Resistencia térmica superficial [m²K/W] interior R_{si}: **0,10**
 exterior R_{se}: **0,04**

Superficie parcial 1	λ [w/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [w/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [w/(mK)]	Espesor [mm]
1. TIERRA	0,520					100
2. GRAVA	2,000					50
3. MEMBRANA PVC	0,170					1,2
4. XPS	0,036					100
5. LAMINA IMPERMEABLE PVC						1,5
6. TABLERO OSB-3	0,130					16
7. KNAUF ULTRACOUSTIC	0,037					200
8. TABLERO OSB-3	0,130					9
Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
100%						47,8 cm

Suplemento al valor-U W/(m²K) Valor-U: **0,114** W/(m²K)

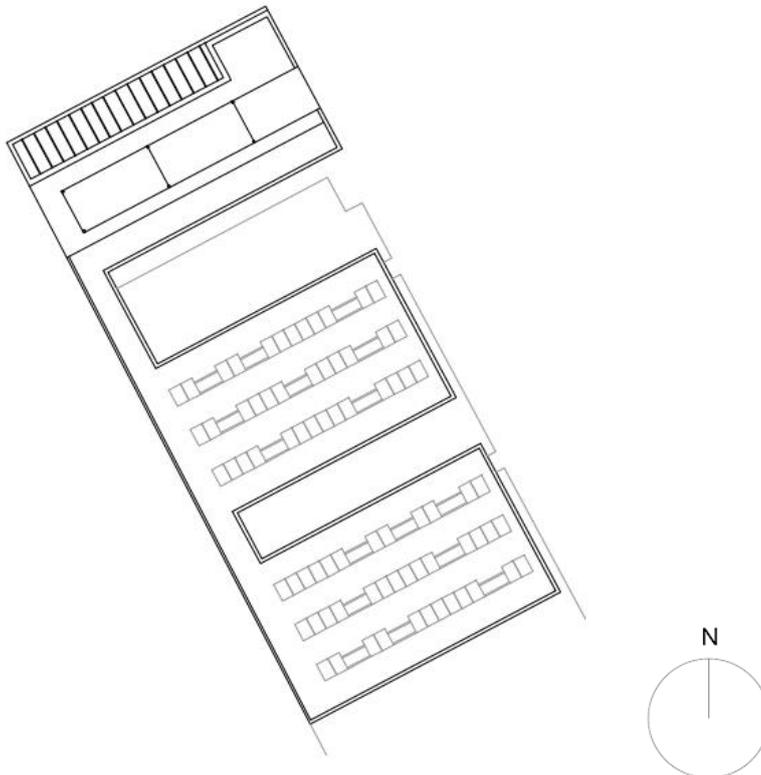
Nr. elem. cons.	Denominación de elemento constructivo	¿Aislamiento interior?				
6	SOLERA/FORJADO PLANTA BAJA	Sí				
Resistencia térmica superficial [m ² K/W]						
interior R _{si} : 0,17						
exterior R _{se} : 0,04						
Superficie parcial 1	λ [w/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [w/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [w/(mK)]	Esesor [mm]
1. HORMIGON PULIDO	2,000					10
2. RECRECIDO MORTERO	1,300					70
3. AISLAMIENTO SUELO RADI	0,033					30
4. XPS	0,036					150
5. SOLERA HORMIGON ARMADO	2,500					100
6. GRAVA	2,000					200
7.						
8.						
Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
100%						56,0 cm
Suplemento al valor-U		Valor-U:		0,182		W/(m ² K)

GRÁFICOS EXTRAIDOS DE LA CERTIFICACIÓN PHPP.

TRANSMITANCIA TÉRMICA POR ELEMENTO CONSTRUCTIVO. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.SUPERFICIES

En este apartado nos centraremos en introducir las diversas superficies que encontramos en el proyecto, las medidas de las mismas, el grupo al que pertenecen y el elemento constructivo que las conforma. Además de esto deberemos incluir la inclinación de la superficie con respecto al norte y a la horizontal.



PLANTA DE CUBIERTA ORIENTADA A NORTE. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Además de las superficies en sí, también determinaremos los puentes térmicos para poder definir las pérdidas generadas, centrándonos en el caso de nuestro edificio en los encuentros de la fachada con la solera y la cubierta.

4.TERRENO

En esta ocasión nos centraremos en las características del terreno en el que se encuentra nuestro edificio, y el tipo de losa de solera que tenemos en contacto con el terreno.

Tipo de losa de piso / solera (marcar sólo un campo)			
<input checked="" type="checkbox"/>	Losa de piso / solera en contacto con el terreno		
Esesor / profundidad aislamiento perimetral	D	0,20 m	Posición del aislamiento perimetral (marcar con una "x")
Esesor aislamiento perimetral	d _n	0,08 m	Horizontal: <input checked="" type="checkbox"/>
Conductividad térmica aislamiento perimetral	λ _{borde}	0,037 W/(mK)	Vertical: <input type="checkbox"/>

GRÁFICO EXTRAIDO DE LA CERTIFICACIÓN PHPP. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

5.COMPONENTES

Los componentes que encontramos en nuestro proyecto son:

-Acristalamiento: en el acristalamiento de todo el proyecto se utiliza un vidrio triple de Saint Gobain, el cual, cuenta con la certificación Passivhaus.

ID	Determinación	Valor g	Valor-Ug
			W/(m²K)
01ud	Saint-Gobain Glass Germany - SGG PLANITHERM ULTRA N (4:/14/4/14/:4 Ar 90%)	0,50	0,64

GRÁFICO EXTRAIDO DE LA CERTIFICACIÓN PHPP. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

-Marcos de ventana: los marcos de la ventana aún no están certificados por el Passivhaus Institut, asique los añadiremos de forma manual ya que sabemos que se trata de la carpintería de madera ROI Elite 92 fijos y abatibles $U_f=1.21W/m^2K$.

En los datos referentes al marco, además de la transmitancia y los espesores, también debemos especificar los valores de puente térmico tanto del borde del vidrio como de la instalación, para poder realizar posteriormente el cálculo.

-Aparatos de ventilación con recuperador de calor: como recuperador de calor tenemos el aparato ComfoAir 350 de Zehnder, el cual esta certificado por Passivhaus.

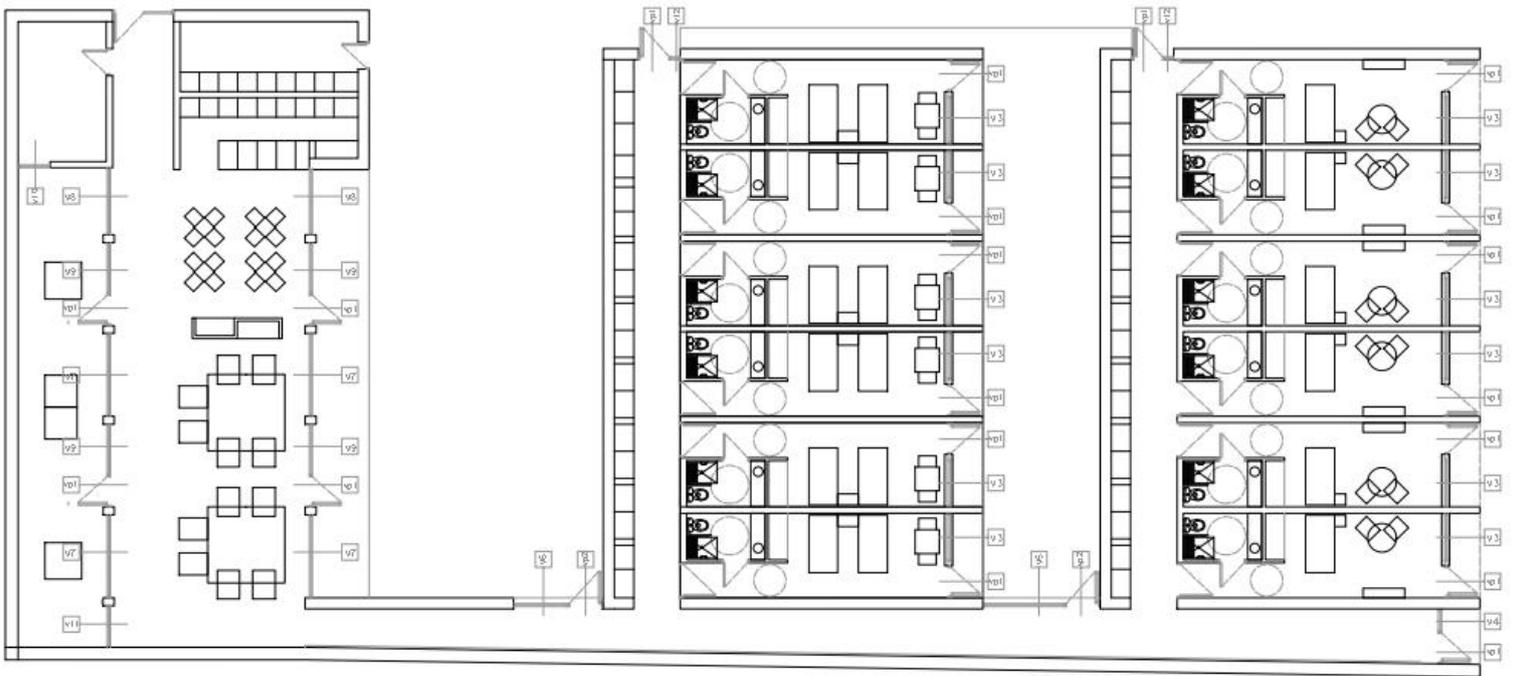
ID	Determinación	Eficiencia de recuperación de calor (efectiva)	Eficiencia eléctrica	Área de introducción de datos para		presión externa por línea	Ajustes $\Delta p_{interno}$	Protección contra la congelación necesaria	Protección contra el ruido		
	Área definida por el usuario	%	Wh/m²	m²/h	m²/h	Pa	Pa		35 dB(A)	Aire de impulsión dB(A)	Aire de extracción dB(A)
01ud	ComfoAir350, ComfoD350, WHR930 - Zehnder	84%	0,29	71	293	100	incl.	sí	/	63,8	50,2

GRÁFICO EXTRAIDO DE LA CERTIFICACIÓN PHPP. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

-Aparato de aerotermia: Mitsubishi Electric

6. VENTANAS

Una vez definidos los componentes acristalamiento y marcos de ventana, lo siguiente que debemos hacer es determinar los distintos tipos de ventanas que tenemos, con sus medidas, las características de acristalamiento y marco, como están instaladas y además debemos definir en qué superficie se encuentran instaladas, de esta manera también definiremos su orientación.



PLANTA CON DEFINICIÓN DE TIPOS DE VENTANA. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Con toda esta información, más las características definidas de cada componente en la hoja anterior, el programa nos determinará por cada ventana todos los valores referidos a superficies, transmitancia totales, proporciones de acristalamiento, pérdidas y ganancias solares.

7. SOMBRAS

En este apartado, definiremos a partir de las ventanas anteriores las sombras que se puedan producir sobre ellas.

Debemos diferenciar diversos tipos de sombras que podemos tener:

- Sombras en el horizonte
- Sombras por telares / rematamientos
- Sombras por voladizos
- Factores de reducción adicional para sombreamiento en verano, invierno; o por protecciones temporales

8.VENTILACIÓN

Debemos definir el tipo de sistema de ventilación con el que contamos, para después definir la tasa de renovación de aire por infiltración y los datos estándar para una ventilación equilibrada.

9.CALEFACCION ANUAL Y CALEFACCION

En estas dos hojas podemos observar los cálculos de demanda de calefacción anual y mensual que requiere nuestro edificio gracias a todos los parámetros anteriores que hemos ido añadiendo al programa. De esta manera comprobaremos si nuestro edificio cumple con los requisitos exigidos para una certificación Passivhaus de ≤ 15 (kWh/m²a).

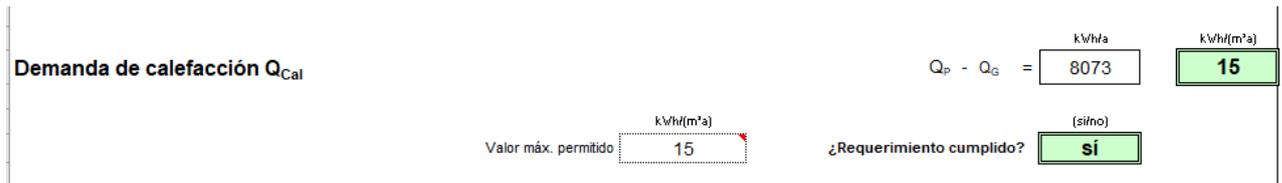


GRÁFICO EXTRAIDO DE LA CERTIFICACIÓN PHPP. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En nuestro caso el edificio SÍ cumple con el requisito de la certificación.

3.CONCLUSIONES

La visión general del sector de la edificación frente al cambio climático y la evolución hacia la sostenibilidad que tenía previa al estudio en profundidad de la situación real era bastante mejor que los datos con los que me he encontrado.

Entender que el cambio climático esta principalmente causado por los gases de efecto invernadero, me ha facilitado entender en qué manera nuestro trabajo influye más o menos en esto, y que vías debemos tomar para mejorar.

Ademas de la evolución de los datos desde 1990 y su posible análisis, por suerte o por desgracia, tras la pandemia mundial que hemos vivido, los datos de este último año son muy dispares a la evolución periódica que se ha dado con anterioridad. Esto nos lleva a entender que si reducimos las emisiones y se mejoran los sectores que más perjudican, Sí es posible revertir la tendencia de años atrás. El cambio ha sido muy radical y no se ha producido de manera voluntaria, pues cientos de actividades se pararon de forma forzosa, pero analizando cómo se realizó la mejoría podemos crear una guía para mejorar a partir de ahora, sabiendo que es posible, gracias a los datos.

Hay muchos sectores que afectan a la emisión de GEI, pero hay muchos que aún no directamente, se ven influenciados por la forma en que edificamos, y planificamos esas edificaciones en conjunto.

Son muchas las iniciativas que con más o menos éxito se han ido tomando a lo largo de los años, pero, aunque no se hayan cumplido completamente, han plantado la semilla para seguir avanzando en las mejoras, y eso nos ha llevado a que en la actualidad cada vez las exigencias sean mayores. Es cierto, que a priori para quien desarrolla proyectos puede pensar que son muchas las limitaciones que se le plantean, pero no debemos verlo como obstáculos, debemos verlo como objetivos a conseguir o incluso superar, para hacer cada vez mejor arquitectura, en cuanto a temas de eficiencia y sostenibilidad.

El edificio no debemos entenderlo como ente único que se desarrolla en un breve periodo de tiempo y a partir de la entrega de llaves ya no debemos planifica nada más. Debemos plantear la idea del edificio en su conjunto; con su planificación previa, analizando profundamente el entorno de manera que aprovechemos lo máximo posible y tomemos las mejores decisiones para él y para el conjunto en el que se encuentra; debemos planificar el mantenimiento, no podemos olvidar que los materiales y elementos se degradan, y planificar los cambios o revisiones facilitara problemas serios posteriores; y por último también el posible fin de la vida de ese edificio y la gestión de los recursos o materiales que empleemos en su construcción o se desecharan a lo largo de su vida.

Gracias a las múltiples normativas y sobre todo a la concienciación de la gente de la situación surgieron organizaciones que decidieron buscar el método de diferenciar y dar prestigio a la arquitectura que se desarrollara con las opciones más eficientes y sostenibles.

La certificación LEED en su búsqueda por la transversalidad de todos los elementos que condicionan la construcción de un edificio, obtiene unos resultados muy buenos y su fomento de construir un edificio y su conjunto nos lleva a conseguir muy buenos espacios tanto privados como públicos. Lo malo de esta apuesta por el conjunto es que tiene sus limitaciones, puesto que en una urbanización de obra nueva es más sencillo conseguir cubrir todos los objetivos, mientras que en una zona de más antigüedad hay muchos elementos en los que es difícil influir cuando construyes un único edificio.

Por el contrario, la certificación Passivhaus que actualmente en España tiene más edificios certificados, permite que te encuentres en la zona que te encuentres, puedes construir un edificio autosuficiente o con una demanda de energía exterior muy baja, y con las mejores tecnologías para conseguir los objetivos. De esta manera es más sencillo que las constructoras o particulares puedan establecerse como objetivo lograr una vivienda / edificación Passivhaus.

Las estrategias para conseguir los objetivos Passivhaus tienen dos orígenes. Es muy sencillo entender como las estrategias de climatización activas son fruto del desarrollo de la tecnología y la investigación a lo largo de los años. Pero la climatización pasiva no la ha inventado nadie, que nuestros antepasados que no contaban con la tecnología actual construyeran las edificaciones de una manera, era por algo, y ese algo era porque había formas que mejoraban la calidad interior de la vivienda, y ese saber se transmitía de generación en generación.

Lo principal de todo a la hora de diseñar un edificio para aprovechar al máximo las estrategias pasivas, parte de aprovechar la energía del sol. A partir de ahí ya surgen diversas estrategias para gestionar el cómo, el cuanto y el dónde nos interesa ese aprovechamiento, pero lo primero es el objetivo de aprovechamiento al máximo de la energía primaria.

A partir de ahí, se empezaron a estudiar las diversas tecnologías para aprovechar esa energía en sistemas activos, y evolucionar esos sistemas buscando la máxima eficiencia posible, de manera que llegara el día en que la mayoría de edificios se pueda disponer de una autosuficiencia total de otras fuentes energéticas, mejorando así el perjuicio al ecosistema.

Gracias a esta investigación en nuevas tecnologías de energía primaria he podido ver las múltiples alternativas que nos ofrece ahora el mercado, pudiendo así valorar cual será mejor en cada caso, puesto que en la actualidad no mucha gente es conocedora de las múltiples posibilidades existentes.

Cuando decidí entender el diseño de un edificio a través de los criterios de la Certificación que lo habían condicionado valore muchas opciones de tipología, pero al final no encontré un mejor ejemplo que un edificio residencial público, de manera que este

tendría elementos característicos de la tipología de construcción residencial, pero a la vez tendría las exigencias e inconvenientes que tiene la edificación de uso colectivo.

La residencia en Camarzana de Tera que he analizado, fue la primera residencia de ancianos certificada Passivhaus en España, lo cual complica más su diseño pues no puedes tener referentes en tu tipología que te orienten en cuáles son las mejores estrategias. Pero esto no fue un impedimento para los arquitectos que consiguieron obtener los valores óptimos para conseguir la certificación, y a la vez desarrollar un conjunto de sistemas de climatización que además de dar servicio y autosuficiencia al edificio en cuestión, eran capaz de suministrar energía al edificio contiguo.

La mejor forma de desarrollar este proyecto, y así lo realizaron fue la estandarización y la prefabricación, esto les ayudaba tanto en la toma de decisiones de diseño como en la gestión de la obra y además de los recursos, puesto que así se reducían en obra.

Por último, la realización de parte de la Certificación PHPP a partir de los pocos datos que contaba del edificio, y suponiendo otros en la medida que era posible, me ha ayudado mucho a entender como las decisiones de diseño y de elección de materiales cambia el conjunto y todos los cálculos en mayor o menor medida. No podemos dejar ninguna decisión al libre albedrío ni sin tomar en las fases de diseño y planificación puesto que en esa debilidad del edificio podríamos encontrar pérdidas.

4. BIBLIOGRAFIA

Libros

- Micheel Wassouf. (2014). De la casa pasiva al estándar Passivhaus: la arquitectura pasiva en climas cálidos. Barcelona, España.

Páginas Web

- <https://inarquia.es/>
- <http://www.plataforma-pep.org/>
- <https://www.solerpalau.com/>
- <https://arquitectatecnica.es/>
- <https://enertres.com/>
- <https://passipedia.org/>
- <https://www.energiehaus.es/>

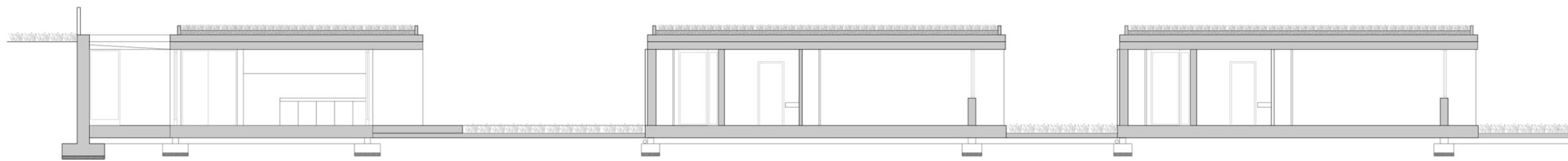
- <http://www.cenitsolar.com>
- <https://fegeca.com/>
- <https://www.mundohvacr.com.mx/2018/11/calefaccion-por-suelo-radiante-criterios-de-diseno-y-calculo/>
- <https://www.sfe-solar.com/>
- <https://enerpop.com/>
- <http://www.airzone.es/>
- <https://www.toshiba-aire.es/>
- <https://instalacionesyeficienciaenergetica.com/>
- <https://pansogal.com/>
- <https://www.rehau.com/>
- <https://web.archive.org/web/20120626164612/http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-la-energia-geotermica.pdf>
- <https://arquitectura-sostenible.es/>
- <https://www.otovo.es/>
- <https://www.helioesfera.com/>
- <https://es.wikipedia.org/>
- <http://www.cenitsolar.com/>
- <https://aeroterminia.online/>
- <https://pansogal.com/>
- <https://solar-energia.net/>

- <https://www.csoarquitectura.com/>
- <https://www.hospitecna.com/proyectos/residencia>
- <https://arquitecturaviva.com/obras/cso-arquitectura-residencia-de-ancianos-passivhaus-en-camarzana-de-tera-zamora-zlgt>
- <https://www.youtube.com/watch?v=kn7hGLqU5g4>
- <https://www.construction21.org/espana/case-studies/h/residencia-de-ancianos-passivhaus.html>

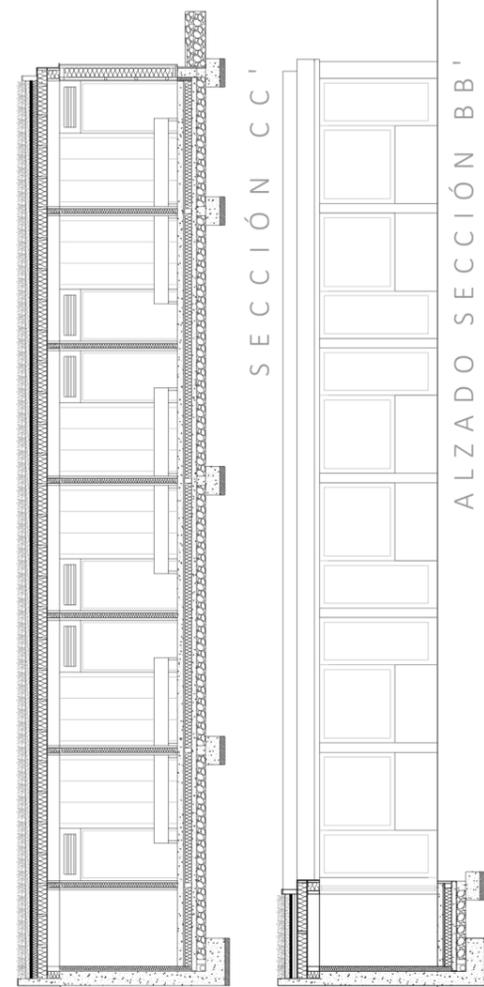
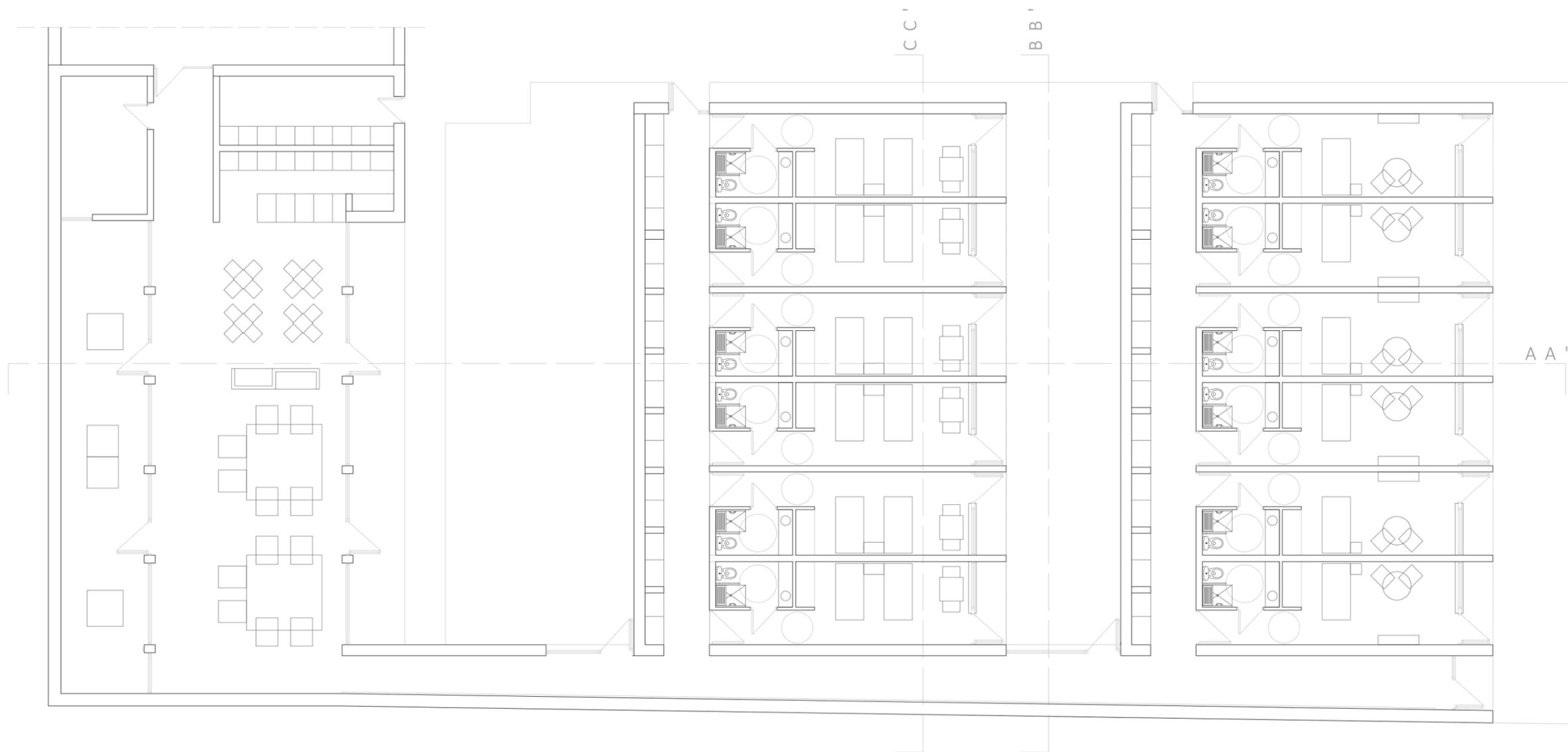
- <https://e-ficiencia.com/residencia-de-ancianos-passivhaus-zamora/>
- <https://www.geriatricarea.com/2019/12/17/la-residencia-mv-geriatria-es-el-primer-centro-geriatrico-certificado-por-passivhaus-en-espana/>

5. ANEXOS: DOCUMENTACIÓN GRÁFICA DEL EDIFICIO Y PHPP_Cumplimiento certificado Passivhaus.

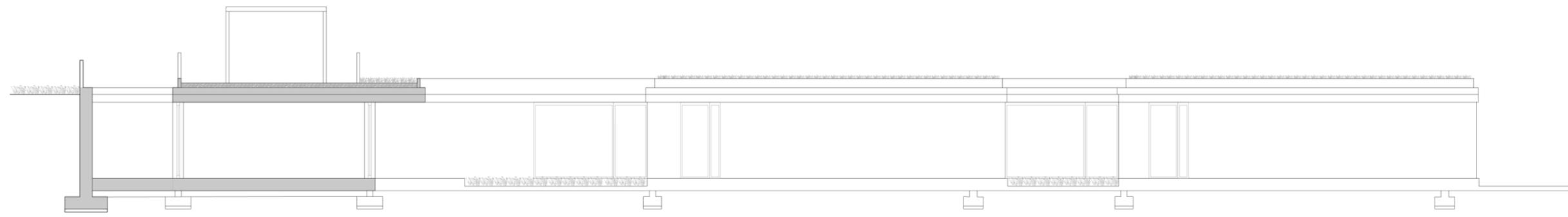
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



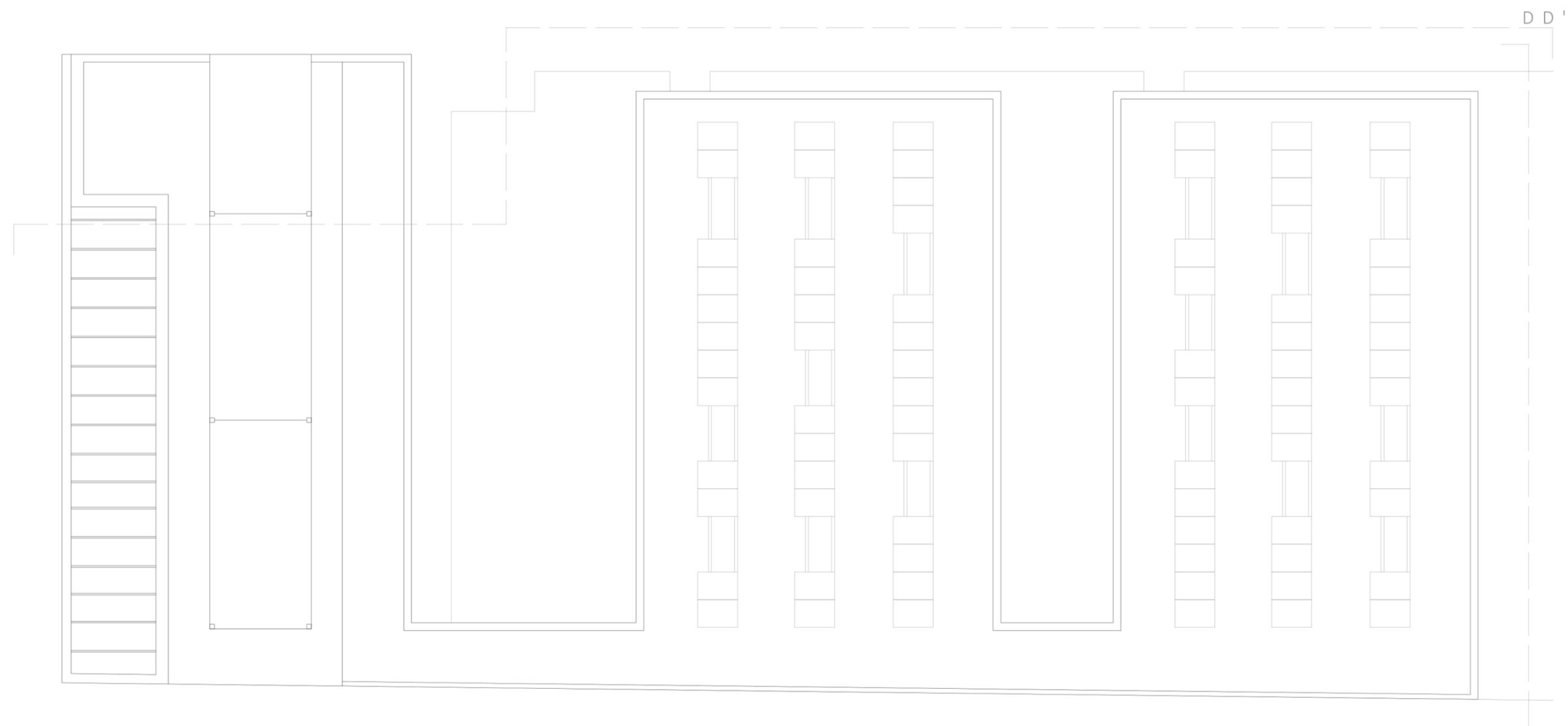
SECCIÓN AA'



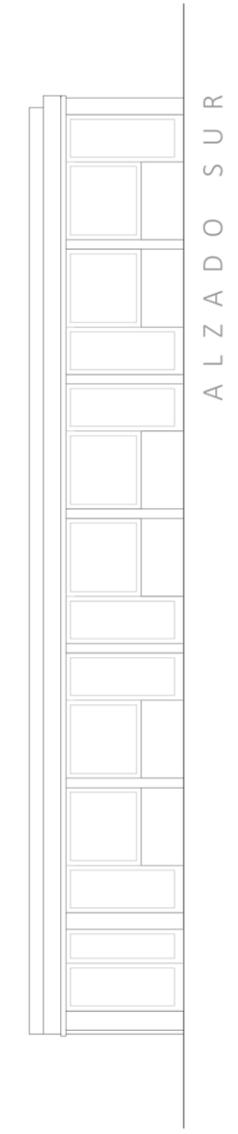
PLANIMETRÍA GENERAL ESCALA 1 / 150



ALZADO SECCIÓN DD'



PLANTA CUBIERTAS



ALZADO SUR

PLANIMETRÍA GENERAL ESCALA 1 / 150

Datos básicos

Edificio, nombre del proyecto	RESIDENCIA DE ANCIANOS EN CAMARZANA DE TERA		
Calle:	C/ CARRETERA 127		
CP / Ciudad:	49332 / CAMARZANA DE TERA		
País:	ESPAÑA		
Tipo de edificio:	RESIDENCIA ANCIANOS		
Clima: región / conjunto de datos climáticos	España	[ES] - Valladolid, Valladolid D2	
Clima: grados día / altitud	60	kKh/a	735 m
Tipo de edificio / avance de obra	Residencia de ancianos	Completado	
Contexto de desarrollo urbano	Desarrollo rural		
Tipo de edificio / construcción	Edificio Passivhaus nuevo	Construcción mixta	
Categoría energética del edificio	Passivhaus		
Año de construcción / año de construcción de edificio existente	2019		
Cantidad de unidades habitacionales de uso residencial / no-residencial	1	Unidades ha	Unidades habitacionales
Ocupación estándar / proyectada		P	18 P
Ocupación estándar / relación de ocupación proyectada		m²/P	30 m²/P
Propietario / cliente:	EMPRESA RESIDENCIA		
Arquitecto	ESTUDIANTE		
Instalaciones			
PHPP / Balance energético			
Ingenierías			
Ingeniería estructural			
Contratista / constructor / otros (max. 500 caracteres)			
Temperatura interior invierno/verano:	20	°C	25 °C
GIC verano / invierno	4,1	W/m²	4,1 W/m²
Tipo de certificación	Passivhaus		
Certificación del proyecto / ID de certificación	sí		
Organismo certificador	Passivhaus Institut		
PHPP-versión	Versión 8.5		

Planificación Passivhaus:

DATOS CLIMÁTICOS

Edificio:

Clima de referencia: [ES] - Valladolid, Valladolid D2

Datos mensuales: [ES] - Valladolid, Valladolid D2

Datos anuales: Utilizar Datos climát. anuales: no

Resultados:

Demanda de calefacción	12,5	kWh/(m²a)
Carga de calefacción	10,4	W/m²
Energía primaria		kWh/(m²a)

Transferencia método anual (Calef. anual)

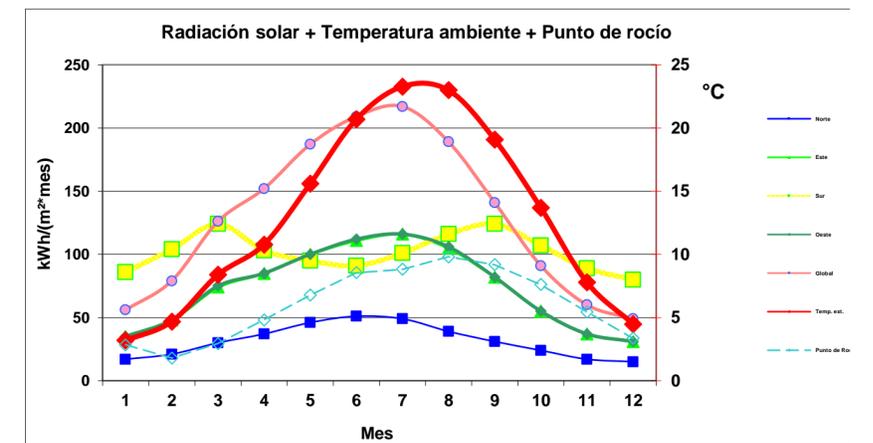
Cal _{bias}	182	d/a
G _t	60	kKh/a
Norte	128	kWh/(m²a)
Este	288	kWh/(m²a)
Sur	566	kWh/(m²a)
Oeste	289	kWh/(m²a)
Horizontal	482	kWh/(m²a)

Región:

Conjunto de datos climáticos:

Estación meteorológica (altitud): m

Ubicación del edificio (altitud): m



Parámetros para el cálculo de las temperaturas del terreno en el PHPP.	Mes	Días					Fluctuación diaria temperatura en verano (K)	Datos radiación: kWh/(m²mes)	Carga de calefacción		Radiación: W/m²	Radiación: kWh/(m²a)											
		1	2	3	4	5			Sit. met. 1	Sit. met. 2													
	[ES] - Valladolid, Valladolid D2	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	31	30	31	31	30	31	31	30	31	31	30	31
		Latitud °	41,6	Longitud °	-4,8	Altitud (m)	817																
Cambio mensual de fases	Temp. ext.	3,2	4,7	8,4	10,8	15,6	20,7	23,3	23,0	19,1	13,7	7,8	4,5	0,8	4,2	29,4							
Amortiguación	Norte	17	21	30	37	46	51	49	39	31	24	17	15	20	12	91							
	Este	35	48	74	85	100	111	116	105	82	55	37	31	44	13	195							
	Sur	86	104	124	103	95	91	101	116	124	107	89	80	123	19	188							
	Oeste	35	48	75	85	100	112	116	106	82	55	37	31	49	14	195							
	Global	56	79	126	152	187	209	217	189	141	91	60	49	78	26	348							
[ES] - Albacete, Albacete D3	Punto de Rocío	2,8	1,8	2,9	4,8	6,8	8,5	8,8	9,8	9,2	7,6	5,5	3,4			12,8							
	Temperatura del cielo	-6,5	-5,5	-4,2	-1,6	1,1	5,6	7,8	7,8	6,2	1,3	-3,3	-5,4			8,9							
	Temperatura terreno	12,9	11,9	11,8	12,6	15,1	16,9	18,4	19,4	19,5	17,7	16,2	14,4	11,8	11,8	19,5							

Planificación Passivhaus: VALOR - U ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Edificio: **RESIDENCIA DE ANCIANOS EN CAMARZANA DE TERA**

Capas en forma de cuña (aislamiento con pendiente)
 Capas de aire sin ventilar y áticos no calefactados

-> Cálculo auxiliar a la derecha

Nr. elem. cons.	Denominación de elemento constructivo					¿Aislamiento interior?
1	FACHADA CON POLICARBONATO					Sí
Resistencia térmica superficial [m²K/W]		interior R _{si} :	0,13			
		exterior R _{se} :	0,04			
	Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]
1.	POLICARBONATO	0,130				
2.	TABLERO OSB-3	0,130				
3.	KNAUF ULTRACOUSTIC	0,037				
4.	TABLERO OSB-3	0,130				
5.	CAMARA INSTALACIONES	0,220				
6.	LAMINA IMPERMEABILIZANTE	0,300				
7.	PLACA YESO LAMINADO	0,250				
8.	PLACA YESO LAMINADO	0,250				
	Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3	
	100%					
	Suplemento al valor-U		W/(m²K)		Valor-U:	0,149 W/(m²K)
						37,8 cm

Nr. elem. cons.	Denominación de elemento constructivo					¿Aislamiento interior?
2	FACHADA VENTANALES					Sí
Resistencia térmica superficial [m²K/W]		interior R _{si} :	0,13			
		exterior R _{se} :	0,04			
	Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]
1.	TABLERO OSB-3	0,130				
2.	KNAUF ULTRACOUSTIC	0,037				
3.	TABLERO OSB-3	0,130				
4.	CAMARA INSTALACIONES	0,220				
5.	LAMINA IMPERMEABILIZANTE	0,300				
6.	PLACA YESO LAMINADO	0,250				
7.	PLACA YESO LAMINADO	0,250				
8.						
	Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3	
	100%					
	Suplemento al valor-U		W/(m²K)		Valor-U:	0,166 W/(m²K)
						28,8 cm

Nr. elem. cons.	Denominación de elemento constructivo					¿Aislamiento interior?
3	FACHADA OESTE MURO HORMIGON					No
Resistencia térmica superficial [m²K/W]		interior R _{si} :	0,13			
		exterior R _{se} :	0,04			
	Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]
1.	MURO HORMIGON	2,500				
2.	LAMINA IMPERMEABILIZANTE	0,300				
3.	AISLANTE PYL	0,032				
4.	TRASDOSADO PYL	0,250				
5.						
6.						
7.						
8.						
	Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 2	
	100%					
	Suplemento al valor-U		W/(m²K)		Valor-U:	0,352 W/(m²K)
						39,3 cm

Planificación Passivhaus: VALOR - U ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

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

4 **MEDIANERA MURO DE CARGA-ESTE** **Sí**

Resistencia térmica superficial [m²K/W] interior R_{si}: **0,13**
 exterior R_{se}: **0,04**

Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Esesor [mm]
1. MURO HORMIGON	2,500					250
2. LAMINA IMPERMEABILIZACION	0,300					0,4
3. AISLANTE PYL	0,032					80
4. TRASDOSADO PYL	0,250					12,5
5.						
6.						
7.						
8.						
Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
100%						34,3 cm

Suplemento al valor-U W/(m²K) **Valor-U: 0,354** W/(m²K)

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

5 **CUBIERTA VEGETAL** **Sí**

Resistencia térmica superficial [m²K/W] interior R_{si}: **0,10**
 exterior R_{se}: **0,04**

Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Esesor [mm]
1. TIERRA	0,520					100
2. GRAVA	2,000					50
3. MEMBRANA PVC	0,170					1,2
4. XPS	0,036					100
5. LAMINA IMPERMEABLE PVC						1,5
6. TABLERO OSB-3	0,130					16
7. KNAUF ULTRACOUSTIC	0,037					200
8. TABLERO OSB-3	0,130					9
Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
100%						47,8 cm

Suplemento al valor-U W/(m²K) **Valor-U: 0,114** W/(m²K)

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

6 **SOLERA/FORJADO PLANTA BAJA** **Sí**

Resistencia térmica superficial [m²K/W] interior R_{si}: **0,17**
 exterior R_{se}: **0,04**

Superficie parcial 1	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 2 (opcional)	λ [W/(mK)]	Superficie parcial 3 (opcional)	λ [W/(mK)]	Esesor [mm]
1. HORMIGON PULIDO	2,000					10
2. RECRECIDO MORTERO	1,300					70
3. AISLAMIENTO SUELO RADIANTE	0,033					30
4. XPS	0,036					150
5. SOLERA HORMIGON ARMADO	2,500					100
6. GRAVA	2,000					200
7.						
8.						
Porcentaje superficie parcial 1		Porcentaje superficie parcial 2		Porcentaje superficie parcial 3		Total
100%						56,0 cm

Suplemento al valor-U W/(m²K) **Valor-U: 0,182** W/(m²K)

DETERMINACIÓN DE SUPERFICIES

Edificio: RESIDENCIA DE ANCIANOS EN CAMARZANA DE TERA Dem. calefacción 12 kWh/(m²a)

Cuadro resumen					Resumen de los elementos constructivos	Valor-U, promedio [W/(m²K)]	Ganancias por radiación período de calefacción [kWh/a]	Ganancias por radiación período de calefacción [kWh/a]	
Nr. de grupos	Grupo de superficies	Zona de temperatura	Superficie	Unidad					Comentario
1	SRE (sup. de referencia energética)		546,20	m²	Superficie de referencia energética de acuerdo a manual PHPP.		8 meses	2 meses	
2	Ventanas al norte	A	28,56	m²	Los resultados vienen de la hoja 'Ventanas' Las superficies de ventanas se sustraen de las superficies opacas automáticamente que son mostrados en la hoja 'Ventanas.'	Ventanas al norte	0,965	775	0
3	Ventanas al este	A	22,75	m²		Ventanas al este	0,980	1473	747
4	Ventanas al sur	A	89,88	m²		Ventanas al sur	0,986	8131	1307
5	Ventanas al oeste	A	2,50	m²		Ventanas al oeste	1,011	280	125
6	Ventanas horizontales	A	0,00	m²		Ventanas horizontales			
7	Puerta exterior	A	4,75	m²		Puerta exterior	1,840		
8	Muro ext. - aire ext.	A	320,44	m²		Restar la superficie de la puerta exterior del elemento constructivo correspondiente	Muro ext. - aire ext.	0,218	311	124
9	Muro ext. - terreno	B	0,00	m²	La zona de temperatura "A" es la temperatura exterior	Muro ext. - terreno			
10	Techo / cubierta - Aire ext.	A	615,60	m²	La zona de temperatura "B" es el Terreno	Techo / cubierta - Aire ext.	0,114	350	362
11	Solera / losa piso / forjado sanitario	B	615,60	m²		Solera / losa piso / forjado sanitario	0,182		
12			0,00	m²	Las zonas de temperatura "A", "B", "P" y "X" pueden utilizarse; NO puede utilizarse la "I"				
13			0,00	m²	Las zonas de temperatura "A", "B", "P" y "X" pueden utilizarse; NO puede utilizarse la "I" Factor para X				
14			0,00	m²	Zona de temperatura "X". El usuario introduce el factor de temperatura ponderado (0 < ft < 1):				
Puentes térmicos - resumen						Ψ [W/(mK)]			
15	PTs ambiente exterior	A	244,20	m	Unidades en metros lineales	PTs ambiente exterior	0,044		
16	PTs perimetrales en el zócalo	P	0,00	m	Unidades en metros lineales, la zona de la temperatura "P" corresponde al perímetro (ver hoja de "terreno")	PTs perimetrales en el zócalo			
17	Puentes térmicos P/ES	B	0,00	m	Unidades en metros lineales	Puentes térmicos P/ES			
18	Muro divisorio entre viviendas	I	28,38	m²	Sin pérdida de calor, sólo se considera para el cálculo de la carga de calefacción.	Muro divisorio entre viviendas	0,354		
Total de la envolvente térmica						Promedio de la envolvente térmica	0,243		

[Ir a lista de componentes constructivos](#)

Introducción de superficies													Orden: COMO EN LISTA												
Nr. de área	Denominación elemento constructivo	Al grupo Nr.	Asignación al grupo	Cantidad	x (	a [m]	x	b [m]	+	Definido por el usuario [m²]	-	Restado por el usuario [m²]	-	Sustracción de las ventanas [m²]	) =	Superficie [m²]	Selección de elemento constructivo / sistema constructivo certificado	Valor-U [W/(m²K)]	Desviación respecto al norte	Ángulo de inclinación respecto a la horizontal	Orientación	Factor de reducción de sombras total	Absorción de la envolvente exterior	Emisividad de la envolvente exterior	
	Superficie de referencia energética	1	SRE (sup. de referencia energética)	1	x (		x		+	546,20	-		-		) =	546,2									
	Ventanas al Norte	2	Ventanas al norte													28,6	De la hoja 'Ventanas'	0,965							
	Ventanas al Este	3	Ventanas al este													22,8	De la hoja 'Ventanas'	0,980							
	Ventanas al Sur	4	Ventanas al sur													89,9	De la hoja 'Ventanas'	0,986							
	Ventanas al Oeste	5	Ventanas al oeste													2,5	De la hoja 'Ventanas'	1,011							
	Ventanas horizontales	6	Ventanas horizontales													0,0	De la hoja 'Ventanas'	0,000							
	Puerta exterior	7	Puerta exterior	1	x (		x		+	4,75	-		-		) =	4,8	Valor-U puerta exterior	1,84							
1	FACHADA SUR DORMITORIOS A	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	19,75	x	2,50	+		-		-	33,7	) =	15,7	02ud FACHADA VENTANALES	0,166	152	90	Sur	0,70	0,70	0,90	
2	FACHADA NORTE DORMITORIOS A	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	17,25	x	2,50	+		-		-	0,0	) =	43,1	01ud FACHADA CON POLICARBONA	0,149	28	90	Norte	0,00	0,40	0,90	
3	FACHADA ESTE DORMITORIO A	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	10,85	x	2,50	+		-		-	3,4	) =	23,8	01ud FACHADA CON POLICARBONA	0,149	62	90	Este	0,60	0,40	0,90	
4	FACHADA ESTE PASILLO AB	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	3,65	x	2,50	+		-		-	9,0	) =	0,1	01ud FACHADA CON POLICARBONA	0,149	62	90	Este	0,60	0,40	0,90	
5	FACHADA SUR DORMITORIO B	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	17,25	x	2,50	+		-		-	29,4	) =	13,7	02ud FACHADA VENTANALES	0,166	152	90	Sur	0,70	0,70	0,90	
6	FACHADA NORTE DORMITORIO B	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	17,25	x	2,50	+		-		-	0,0	) =	43,1	01ud FACHADA CON POLICARBONA	0,149	28	90	Norte	0,00	0,40	0,90	
7	FACHADA ESTE DORMITORIO B	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	10,85	x	2,50	+		-		-	3,4	) =	23,8	01ud FACHADA CON POLICARBONA	0,149	62	90	Este	0,60	0,40	0,90	
8	FACHADA ESTE PASILLO BE	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	8,95	x	2,50	+		-		-	7,0	) =	15,4	01ud FACHADA CON POLICARBONA	0,149	62	90	Este	0,60	0,70	0,90	
9	FACHADA SUR ESTAR	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	5,00	x	2,50	+		-		-	0,0	) =	12,5	01ud FACHADA CON POLICARBONA	0,149	152	90	Sur	1,00	0,40	0,90	
10	FACHADA SUR ESTAR VENTANALES	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	13,45	x	2,50	+		-		-	26,8	) =	6,8	02ud FACHADA VENTANALES	0,166	152	90	Sur	0,70	0,70	0,90	
11	FACHADA NORTE ESTAR	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	15,05	x	2,50	+		-		-	28,6	) =	9,1	02ud FACHADA VENTANALES	0,166	28	90	Norte	0,00	0,70	0,90	
12	FACHADA OESTE ESTAR	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	4,35	x	2,50	+		-		-	2,5	) =	8,4	01ud FACHADA CON POLICARBONA	0,149	245	90	Oeste	0,40	0,40	0,90	
13	MEDIANERA ESTE RESIDENCIA ANTIGUA	18	Muro divisorio entre viviendas	1	x (	11,35	x	2,50	+		-		-	0,0	) =	28,4	04ud MEDIANERA MURO DE CARGA	0,354	62	90	Este	0,60	0,70	0,90	
14	MEDIANERA OESTE (EXTERIOR)	8	Muro ext. - aire ext.	1	x (	42,00	x	2,50	+		-		-	0,0	) =	105,0	03ud FACHADA OESTE MURO HORN	0,352	245	90	Oeste	0,40	0,70	0,90	
15	SUELO SOBRE TERRENO	11	Solera / losa piso / forjado sanitario	1	x (		x		+	615,60	-		-	0,0	) =	615,6	06ud SOLERA/FORJADO PLANTA BA	0,182	90	0	Hor	0,00	0,70	0,90	
16	CUBIERTA PLANA	10	Techo / cubierta - Aire ext.	1	x (		x		+	615,60	-		-	0,0	) =	615,6	05ud CUBIERTA VEGETAL	0,114	90	0	Hor	1,00	0,50	0,90	
17					x (		x		+		-		-	0,0) =										
18					x (		x		+		-		-	0,0) =										
19					x (		x		+		-		-	0,0) =										
20					x (		x		+		-		-	0,0) =										
21					x (		x		+		-		-	0,0) =										
22					x (		x		+		-		-	0,0) =										
23					x (		x		+		-		-	0,0) =										
24					x (		x		+		-		-	0,0) =										
25					x (		x		+		-		-	0,0) =										
26					x (		x		+		-		-	0,0) =										
27					x (		x		+		-		-	0,0) =										
28					x (		x		+		-		-	0,0) =										
29					x (		x		+		-		-	0,0) =										
30					x (		x		+		-		-	0,0) =										
31					x (		x		+		-		-	0,0) =										
32					x (		x		+		-		-	0,0) =										
33					x (		x		+		-		-	0,0) =										
34					x (		x		+		-		-	0,0) =										

DETERMINACIÓN DE SUPERFICIES

Edificio: RESIDENCIA DE ANCIANOS EN CAMARZANA DE TERA Dem. calefacción 12 kWh/(m²a)

Cuadro resumen						Resumen de los elementos constructivos	Valor-U, promedio [W/(m²K)]	Ganancias por radiación período de calefacción [kWh/a]	Ganancias por radiación período de calefacción [kWh/a]
Nr. de grupos	Grupo de superficies	Zona de temperatura	Superficie	Unidad	Comentario				
1	SRE (sup. de referencia energética)		546,20	m²	Superficie de referencia energética de acuerdo a manual PHPP.			8 meses	2 meses
2	Ventanas al norte	A	28,56	m²	Los resultados vienen de la hoja 'Ventanas' Las superficies de ventanas se sustraen de las superficies opacas automáticamente que son mostrados en la hoja 'Ventanas'.	Ventanas al norte	0,965	775	0
3	Ventanas al este	A	22,75	m²		Ventanas al este	0,980	1473	747
4	Ventanas al sur	A	89,88	m²		Ventanas al sur	0,986	8131	1307
5	Ventanas al oeste	A	2,50	m²		Ventanas al oeste	1,011	280	125
6	Ventanas horizontales	A	0,00	m²		Ventanas horizontales			
7	Puerta exterior	A	4,75	m²		Restar la superficie de la puerta exterior del elemento constructivo correspondiente	Puerta exterior	1,840	
8	Muro ext. - aire ext.	A	320,44	m²	La zona de temperatura "A" es la temperatura exterior	Muro ext. - aire ext.	0,218	311	124
9	Muro ext. - terreno	B	0,00	m²	La zona de temperatura "B" es el Terreno	Muro ext. - terreno			
10	Techo / cubierta - Aire ext.	A	615,60	m²		Techo / cubierta - Aire ext.	0,114	350	362
11	Solera / losa piso / forjado sanitario	B	615,60	m²		Solera / losa piso / forjado sanitario	0,182		
12			0,00	m²	Las zonas de temperatura "A", "B", "P" y "X" pueden utilizarse; NO puede utilizarse la "I"				
13			0,00	m²	Las zonas de temperatura "A", "B", "P" y "X" pueden utilizarse; NO puede utilizarse la "I" Factor para X				
14			0,00	m²	Zona de temperatura "X". El usuario introduce el factor de temperatura ponderado (0 < ft < 1);				
						Puentes térmicos - resumen	Ψ [W/(mK)]		
15	PTs ambiente exterior	A	244,20	m	Unidades en metros lineales	PTs ambiente exterior	0,044		
16	PTs perimetrales en el zócalo	P	0,00	m	Unidades en metros lineales, la zona de la temperatura "P" corresponde al perímetro (ver hoja de "terreno")	PTs perimetrales en el zócalo			
17	Puentes térmicos P/ES	B	0,00	m	Unidades en metros lineales	Puentes térmicos P/ES			
18	Muro divisorio entre viviendas	I	28,38	m²	Sin pérdida de calor, sólo se considera para el cálculo de la carga de calefacción.	Muro divisorio entre viviendas	0,354		
Total de la envolvente térmica						Promedio de la envolvente térmica	0,243		

[Ir a lista de componentes constructivos](#)

Introducción de los Puentes Térmicos (PTs)												
Nr.	PTs, determinación de detalle de conexión o de defecto constructivo	Número de Grupos	Asignación al grupo	Cantidad	x (	Longitud, determinada por el usuario [m]	-	Sustracción de longitud, determinada por el usuario [m]	) =	Longitud [m]	Introducción del coeficiente de pérdida por PT W/(mK)	Ψ W/(mK)
1					x (-) =			
2					x (-) =			
3	Fachada - solera	15	PTs ambiente exterior	1	x (	134,30			) =	134,30	Fachada - solera	0,030
4	Fachada - cubierta	15	PTs ambiente exterior	1	x (	109,90			) =	109,90	Fachada - cubierta	0,060
5					x () =			
6					x () =			
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23					x (-) =			
24					x (-) =			
25					x (-) =			
26					x (-) =			
27					x (-) =			
28					x (-) =			
29					x (-) =			
30					x (-) =			
31					x (-) =			
32					x (-) =			
33					x (-) =			
34					x (-) =			
35					x (-) =			
36					x (-) =			
37					x (-) =			
38					x (-) =			

Sección del edificio 1

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

Datos climáticos			
Temperatura media interior en invierno	T_i	20,0	°C
Temperatura media interior en verano	T_i	25,0	°C
Temperatura media de la superficie del terreno	$T_{ter,med}$	13,9	°C
Amplitud $T_{e, promedio}$	$T_{ter,\Delta}$	10,1	°C
Cambio de fases de $T_{e,m}$	τ	1,2	Meses
Duración del periodo de calefacción	n	6,0	Meses
Grados-hora de calefacción, exterior	G_i	60,0	kKh/a

Datos del edificio			
Superficie de losa de piso / entrepiso de sótano	A	615,6	m²
Longitud perimetral	P	205,7	m
valores característicos elem. cons. horizontal	B'	5,99	m
Valor-U solera o losa / techo sótano	$U_{i,s,fs}$	0,182	W/(m²K)
PTs solera o losa / techo sótano	Ψ_{B^*I}	0,03	W/K
Valor-U solera o losa / techo sótano incl. PT	$U_{i,s,fs}'$	0,182	W/(m²K)
Espesor efectivo del piso	d_t	10,97	m

Tipo de losa de piso / solera (marcar sólo un campo)			
<input checked="" type="checkbox"/> Losa de piso / solera en contacto con el terreno			
Espesor / profundidad aislamiento perimetral	D	0,20	m
Espesor aislamiento perimetral	d_n	0,08	m
Conductividad térmica aislamiento perimetral	λ_{borde}	0,037	W/(mK)
Posición del aislamiento perimetral (marcar con una "x")	Horizontal	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Vertical	<input type="checkbox"/>	
Sótano calefactado o losa de piso completamente / parcialmente bajo el nivel de terreno			
Altura pared sótano sobre rasante	z		m
Valor-U pared sótano bajo rasante del terreno	U_{sot}		W/(m²K)
Sótano no calefactado			
Altura pared sótano sobre rasante	h		m
Altura pared sótano bajo rasante	z		m
Renovación de aire en sótano no calefactado	n		h⁻¹
Volumen de aire sótano	V		m³
Valor-U losa de piso sobre cámara de aire	U_{hueco}		W/(m²K)
Altura pared cámara de aire	h		m
Altura pared cámara de aire	U_{par}		W/(m²K)
Sección aperturas de ventilación	ϵP		m²
Velocidad de viento a 10 m de altura	v	4,0	m/s
Factor de protección del viento	f_v	0,05	-

Pérdida de puente térmico adicional en el zócalo (perímetro del edificio)			
Cambio de fases	β		Meses
Fracción estacionaria	$\Psi_{P,stat}^*I$	0,000	W/K
Cuota periódica	$\Psi_{P,harm}^*I$	0,000	W/K

Corrección de nivel freático			
Profundidad del nivel freático	$z_{agua\ fr}$		m
Velocidad de flujo NF	$q_{agua\ fr}$		m/d
Factor de corrección agua subterránea	$G_{agua\ fr}$		-

Resultados temporales			
Cambio de fases	β	1,39	Meses
Flujo de calor estacionario	Φ_{est}	546,1	W
Conductancia estacionaria	L_S	89,24	W/K
Flujo de calor periódico	Φ_{harm}	182,1	W
Conductancia estacionaria	L_S	38,05	W/K
Pérdida de calor durante el periodo de calefacción	Q_{tot}	3179	kWh
Conductancia periódica exterior	L_0	112,27	W/K

Temperaturas del terreno mensuales para cálculo de método mensual (elemento constructivo 1)													
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Valor medio
Invierno	12,9	11,9	11,8	12,6	14,1	15,8	17,4	18,4	18,5	17,7	16,2	14,4	15,1
Verano	13,9	12,9	12,8	13,6	15,1	16,9	18,4	19,4	19,5	18,7	17,2	15,5	16,2

Temperatura de cálculo del terreno para la hoja 'Carga-C'	11,8	Para hoja 'Carga-R'	19,5
Factor de reducción para hoja 'Calefacción anual'		0,47	

Resultado total (todas las secciones del edificio)			
Cambio de fases	β	1,39	Meses
Flujo de calor estacionario	Φ_{est}	546,1	W
Conductancia estacionaria	L_S	89,24	W/K
Flujo de calor periódico	Φ_{harm}	182,1	W
Conductancia periódica exterior	L_{pe}	38,05	W/K
Pérdida de calor durante el periodo de calefacción	Q_{tot}	3179	kWh
Conductancia edificio	L_0	112,27	W/K
valores característicos elem. cons. horizontal	B'	5,99	m

Temperaturas del terreno mensuales para cálculo de método mensual (todos los elementos constructivos)													
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Valor medio
Invierno	12,9	11,9	11,8	12,6	14,1	15,8	17,4	18,4	18,5	17,7	16,2	14,4	15,1
Caso verano	13,9	12,9	12,8	13,6	15,1	16,9	18,4	19,4	19,5	18,7	17,2	15,5	16,2

Temperatura de cálculo del terreno para hoja 'Carga-C'	11,8	Para hoja 'Carga-R'	19,5
Factor de reducción para hoja 'Calefacción anual'		0,47	

COMPONENTES PASSIVHAUS

Ir a: ['SUPERFICIES'](#)
[Acristalamiento](#)
[Marcos de ventana](#)

<http://www.passiv.de/komponentendatenbank/en-EN>
[Aparatos de ventilación](#)
[Unidades compactas](#)

Elementos constructivos (valores-U)					
ID	Sistema constructivo	Elemento constructivo	Espesor total	Valor-U	Aislamiento interior
Resumen de los elementos constructivos calculados en la hoja 'Valores-U'			m	W/(m²K)	-
01ud	FACHADA CON POLICARBONATO	FACHADA CON POLICARBONATO	0,378	0,149	Sí
02ud	FACHADA VENTANALES	FACHADA VENTANALES	0,288	0,166	Sí
03ud	FACHADA OESTE MURO HORMIGON	FACHADA OESTE MURO HORMIGON	0,393	0,352	No
04ud	MEDIANERA MURO DE CARGA-ESTE	MEDIANERA MURO DE CARGA-ESTE	0,343	0,354	Sí
05ud	CUBIERTA VEGETAL	CUBIERTA VEGETAL	0,478	0,114	Sí
06ud	SOLERA/FORJADO PLANTA BAJA	SOLERA/FORJADO PLANTA BAJA	0,560	0,182	Sí
07ud					
08ud					
09ud					

Acristalamiento		Acristalamiento	
ID	Determinación	Valor g	Valor-Ug
			W/(m²K)
01ud	Saint-Gobain Glass Germany - SGG PLANITHERM ULTRA N (4-/14/4/14-/4 Ar 90%)	0,50	0,64
02ud			
03ud			
04ud			
05ud			
06ud			
07ud			
08ud			
09ud			
10ud			

Marcos de ventana										Marcos de ventana									
ID	Determinación	Valor U _f				Espesor del marco				Puente térmico en borde de vidrio				Puente térmico de instalación				Fachadas muro cortina:	
		Izquierda	Derecha	Abajo	Arriba	Izquierda	Derecha	Abajo	Arriba	Ψ _{Borde vidrio izquierda}	Ψ _{Borde vidrio derecha}	Ψ _{Borde vidrio abajo}	Ψ _{Borde vidrio arriba}	Ψ _{Instalación izquierda}	Ψ _{Instalación derecha}	Ψ _{Instalación abajo}	Ψ _{Instalación arriba}	Valor- χ _{GT} Montante	
		W/(m²K)	W/(m²K)	W/(m²K)	W/(m²K)	m	m	m	m	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)	W/K	
01ud	Fijo media altura	1,21	1,21	1,21	1,21	0,125	0,125	0,125	0,125	0,030	0,030	0,030	0,030	0,010	0,010	0,080	0,090		
02ud	Fijo suelo - techo	1,21	1,21	1,21	1,21	0,125	0,125	0,300	0,125	0,030	0,030	0,030	0,030	0,010	0,010	0,080	0,090		
03ud	Practicable derecha en puerta 1 hoja	1,21	1,21	1,21	1,21	0,125	0,125	0,300	0,125	0,030	0,030	0,030	0,030	0,010	0,010	0,080	0,090		
04ud																			
05ud																			
06ud																			
07ud																			
08ud																			
09ud																			
10ud																			

Aparatos de ventilación con recuperación de calor										Aparatos de ventilación con recuperación de calor									
ID	Determinación	Eficiencia de recuperación de calor (efectiva)	Eficiencia eléctrica	Área de introducción de datos para		presión externa por línea	Ajustes ΔP _{interno}	Protección contra la congelación necesaria	Protección contra el ruido			Información adicional							
				m³/h	m³/h				35 dB(A)	Aire de impulsión dB(A)	Aire de extracción dB(A)								
				%	Wh/m³				Pa	Pa	-								
01ud	ComfoAir350, ComfoD350, WHR930 - Zehnder	84%	0,29	71	293	100	incl.	sí	/	63,8	50,2	-							
02ud	ComfoAir350, ComfoD350, WHR930 - Zehnder	84%	0,29	71	293	100	incl.	sí	/	63,8	50,2	-							
03ud	ComfoAir350, ComfoD350, WHR930 - Zehnder	84%	0,29	71	293	100	incl.	sí	/	63,8	50,2	-							
04ud																			
05ud																			
06ud																			
07ud																			
08ud																			
09ud																			
10ud																			

FACTOR DE REDUCCIÓN DE RADIACIÓN SOLAR; VALOR-U DE VENTANAS

Edificio: RESIDENCIA DE ANCIANOS EN CAMARZANA DE TERA

Demanda de calefacción: 12 kWh/(m²a)

Grados-hora de calefacción

Clima: [ES] - Valladolid, Valladolid D2											
Orientación de la superficie de la ventana	Radiación global (puntos cardinales)	Sombras	Suciedad	Radiación incidente no perpendicular	Proporción de acristalamiento	Valor g	Factor de reducción para radiación solar	Superficie de ventana	Valor-U de ventana	Superficie de acristalamiento	Radiación global promedio
máx.:	kWh/(m²a)	0,75	0,95	0,85				m²	W/(m²K)	m²	kWh/(m²a)
Norte	128	0,42	0,95	0,85	0,680	0,50	0,23	28,56	0,97	19,43	140
Este	288	0,74	0,95	0,85	0,648	0,50	0,39	22,75	0,98	14,73	198
Sur	566	0,45	0,95	0,85	0,667	0,50	0,24	89,88	0,99	59,99	527
Oeste	289	0,75	0,95	0,85	0,623	0,50	0,38	2,50	1,01	1,56	392
Horizontal	482	1,00	0,95	0,85	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	482
Total o valor promedio de todas las ventanas						0,50	0,27	143,69	0,98	95,71	

60,0	
Pérdidas por transmisión	Ganancias de calor por radiación solar
kWh/a	kWh/a
1653	465
1337	869
5313	5741
152	185
0	0
8455	7259

[Ir a lista de acristalamientos](#) [Ir a lista de marcos de ventana](#)

Cantidad	Determinación	Desviación con respecto al norte	Ángulo de inclinación respecto a la horizontal	Orientación	Medidas hueco de albañilería		Instalado en	Acristalamiento	Marco	Valor g	Valores-U			Ψ Borde de vidrio	Situación de instalación				Resultados					
					Anchura	Altura					Radiación perpendicular	Acristalamiento	Marco (promedio)		valor definido por el usuario para Ψ _{instalación} ó Ψ _{instalación} de hoja 'Componentes'				Superficie de ventana	Superficie de acristalamiento	Valor-U de ventana	Proporción de acristalamiento por ventana	Pérdidas por transmisión	Ganancias solares
															Izquierda	Derecha	Abajo	Arriba							Superficie de ventana	Superficie de acristalamiento	Valor-U de ventana	Proporción de acristalamiento por ventana	Pérdidas por transmisión	Ganancias solares
6	VP1	152	90	Sur	1,000	2,500	1-FACHADA SUR DORMITO	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I03ud Practicable derecha en puerta 1 hoja		0,50	0,64	1,21	0,030	1	0	1	1	0,043	15,0	9,34	1,00	62%	900	824
6	VP1	152	90	Sur	1,000	2,500	5-FACHADA SUR DORMITO	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I03ud Practicable derecha en puerta 1 hoja		0,50	0,64	1,21	0,030	1	0	1	1	0,043	15,0	9,34	1,00	62%	900	488
1	VP1	62	90	Este	1,000	2,500	3-FACHADA ESTE DORMITO	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I03ud Practicable derecha en puerta 1 hoja		0,50	0,64	1,21	0,030	0	1	1	1	0,043	2,5	1,56	1,00	62%	150	42
1	VP1	62	90	Este	1,000	2,500	7-FACHADA ESTE DORMITO	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I03ud Practicable derecha en puerta 1 hoja		0,50	0,64	1,21	0,030	0	1	1	1	0,043	2,5	1,56	1,00	62%	150	28
2	VP3	152	90	Sur	1,100	2,100	10-FACHADA SUR ESTAR V	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I03ud Practicable derecha en puerta 1 hoja		0,50	0,64	1,21	0,030	1	0	1	1	0,048	4,6	2,85	1,01	62%	281	361
2	VP3	28	90	Norte	1,100	2,100	11-FACHADA NORTE ESTAR V	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I03ud Practicable derecha en puerta 1 hoja		0,50	0,64	1,21	0,030	0	1	1	1	0,048	4,6	2,85	1,01	62%	281	50
1	VP2	62	90	Este	1,100	2,500	4-FACHADA ESTE PASILLO	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I03ud Practicable derecha en puerta 1 hoja		0,50	0,64	1,21	0,030	1	0	1	1	0,045	2,8	1,76	0,99	64%	163	120
1	VP2	62	90	Este	1,100	2,500	8-FACHADA ESTE PASILLO	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I03ud Practicable derecha en puerta 1 hoja		0,50	0,64	1,21	0,030	1	0	1	1	0,045	2,8	1,76	0,99	64%	163	120
6	V3 DORMITORIO	152	90	Sur	1,500	1,600	1-FACHADA SUR DORMITO	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I01ud Fijo media altura		0,50	0,64	1,21	0,030	1	1	1	1	0,046	14,4	10,13	0,99	70%	858	1131
6	V3 DORMITORIO	152	90	Sur	1,500	1,600	5-FACHADA SUR DORMITO	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I01ud Fijo media altura		0,50	0,64	1,21	0,030	1	1	1	1	0,046	14,4	10,13	0,99	70%	858	816
1	V4 PASILLO SUR	152	90	Sur	0,700	2,500	1-FACHADA SUR DORMITO	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I02ud Fijo suelo - techo		0,50	0,64	1,21	0,030	0	1	1	1	0,037	1,8	0,93	1,07	53%	113	79
1	V5 PASILLO ESTE	62	90	Este	2,500	2,500	4-FACHADA ESTE PASILLO	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I02ud Fijo suelo - techo		0,50	0,64	1,21	0,030	0	1	1	1	0,060	6,3	4,67	0,90	75%	337	339
1	V6 PASILLO ESTE	62	90	Este	1,700	2,500	8-FACHADA ESTE PASILLO	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I02ud Fijo suelo - techo		0,50	0,64	1,21	0,030	0	1	1	1	0,053	4,3	3,01	0,93	71%	237	213
2	V7 ESTAR SUR	152	90	Sur	2,500	2,300	10-FACHADA SUR ESTAR V	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I02ud Fijo suelo - techo		0,50	0,64	1,21	0,030	1	1	1	1	0,049	11,5	8,44	0,92	73%	632	1095
2	V7 ESTAR NORTE	28	90	Norte	2,500	2,100	11-FACHADA NORTE ESTAR V	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I02ud Fijo suelo - techo		0,50	0,64	1,21	0,030	1	1	1	1	0,051	10,5	7,54	0,93	72%	589	189
1	V8 ESTAR SUR	152	90	Sur	2,100	2,100	10-FACHADA SUR ESTAR V	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I02ud Fijo suelo - techo		0,50	0,64	1,21	0,030	1	1	1	1	0,048	4,4	3,10	0,95	70%	251	254
1	V8 ESTAR NORTE	28	90	Norte	2,100	2,100	11-FACHADA NORTE ESTAR V	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I02ud Fijo suelo - techo		0,50	0,64	1,21	0,030	0	1	1	1	0,060	4,4	3,10	0,94	70%	249	78
2	V9 ESTAR SUR	152	90	Sur	1,500	2,100	10-FACHADA SUR ESTAR V	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I02ud Fijo suelo - techo		0,50	0,64	1,21	0,030	1	0	1	1	0,054	6,3	4,19	0,97	66%	368	532
2	V9 ESTAR NORTE	28	90	Norte	1,500	2,100	11-FACHADA NORTE ESTAR V	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I02ud Fijo suelo - techo		0,50	0,64	1,21	0,030	1	1	1	1	0,041	6,3	4,19	0,98	66%	371	105
1	V10 ESTAR OESTE	245	90	Oeste	1,000	2,500	12-FACHADA OESTE ESTAR V	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I02ud Fijo suelo - techo		0,50	0,64	1,21	0,030	1	1	1	1	0,031	2,5	1,56	1,01	62%	152	185
1	V11 ESTAR NORTE	28	90	Norte	1,300	2,100	11-FACHADA NORTE ESTAR V	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I02ud Fijo suelo - techo		0,50	0,64	1,21	0,030	1	1	1	1	0,039	2,7	1,76	1,00	64%	164	44
1	V12 PASILLO ESTE B	62	90	Este	0,350	2,500	7-FACHADA ESTE DORMITO	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I02ud Fijo suelo - techo		0,50	0,64	1,21	0,030	1	0	1	1	0,026	0,9	0,21	1,32	24%	69	3
1	V12 PASILLO ESTE A	62	90	Este	0,350	2,500	3-FACHADA ESTE DORMITO	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I02ud Fijo suelo - techo		0,50	0,64	1,21	0,030	1	0	1	1	0,026	0,9	0,21	1,32	24%	69	4
1	VP1 SALIDA	152	90	Sur	1,000	2,500	1-FACHADA SUR DORMITO	01ud Saint-Gobain Glass Germany - SGG I03ud Practicable derecha en puerta 1 hoja		0,50	0,64	1,21	0,030	1	0	1	1	0,043	2,5	1,56	1,00	62%	150	160

CÁLCULO DE LOS FACTORES DE SOMBRA

Clima: [ES] - Valladolid, Valladolid D2

Edificio: RESIDENCIA DE ANCIANOS EN CAMARZANA DE TERA

Latitud geográfica: 41,64 °

Orientación	Superficie de acristalamiento m ²	Factor de reducción invierno f _s	Factor de reducción de verano f _s
Norte	19,43	42%	0%
Este	14,73	74%	82%
Sur	59,99	45%	28%
Oeste	1,56	75%	100%
Horizontal	0,00	100%	100%

Demanda de calefacción:	12,5	kWh/(m ² a)
Demanda de refrigeración útil:	0,9	kWh/(m ² a)
Frecuencia de sobrecalentamiento:	3,4%	

Cantidad	Determinación	Desviación con respecto al norte	Ángulo de inclinación respecto a la horizontal	Orientación	Ancho del vidrio	Altura del vidrio	Superficie de vidrio	Horizonte		Telares / Remetimientos		Voladizos / Volados		Factor de reducción adicional para sombreado en invierno	Factor de reducción adicional para sombreado en verano	Factor de reducción para protección solar temporal	Invierno				Verano			
								Altura del objeto que causa la sombra	Distancia horizontal	Profundidad de telares/remetimientos laterales	Distancia del borde del vidrio al telar/remetimiento	Profundidad del voladizo/volado	Distancia del borde superior del vidrio hasta voladizo/volado				Factor de reducción de sombras horizontales	Factor de reducción de sombras causados por remetimientos	Factor de reducción de sombras causados por volados	Factor de reducción de sombras Total	Factor de reducción de sombras horizontales	Factor reducción sombras por telares/remetimientos	Factor de reducción de sombras por voladizos / volados	Factor de reducción de sombras Total
								grados	grados	m	m	m	m				%	%	%	%	%	%	%	%
6	VP1	152	90	Sur	0,75	2,08	9,3			1,00		1,000	0,125				100%	50%	82%	41%	100%	54%	56%	31%
6	VP1	152	90	Sur	0,75	2,08	9,3	3,30	4,65	1,00		1,000	0,125				59%	50%	82%	25%	78%	54%	56%	24%
1	VP1	62	90	Este	0,75	2,08	1,6	3,50	3,00	0,25		0,250	0,125				44%	83%	94%	34%	51%	92%	98%	46%
1	VP1	62	90	Este	0,75	2,08	1,6	7,00	3,00	0,25		0,250	0,125				29%	83%	94%	22%	36%	92%	98%	32%
2	VP3	152	90	Sur	0,85	1,68	2,8	3,50	9,00			1,700	0,400				81%	100%	74%	60%	87%	100%	40%	34%
2	VP3	28	90	Norte	0,85	1,68	2,8	3,80	2,65			1,700	0,400			0%	44%	100%	70%	31%	52%	100%	68%	0%
1	VP2	62	90	Este	0,85	2,08	1,8			0,175		0,175	0,125				100%	89%	96%	85%	100%	95%	99%	94%
1	VP2	62	90	Este	0,85	2,08	1,8			0,175		0,175	0,125				100%	89%	96%	85%	100%	95%	99%	94%
6	V3 DORMITORIO	152	90	Sur	1,25	1,35	10,1			1,00		1,000	0,125				100%	69%	76%	52%	100%	71%	42%	30%
6	V3 DORMITORIO	152	90	Sur	1,25	1,35	10,1	2,40	4,65	1,00		1,000	0,125				72%	69%	76%	38%	83%	71%	42%	25%
1	V4 PASILLO SUR	152	90	Sur	0,45	2,08	0,9			1,00		1,000	0,125				100%	48%	82%	40%	100%	53%	56%	30%
1	V5 PASILLO ESTE	62	90	Este	2,25	2,08	4,7			0,175		0,175	0,125				100%	95%	96%	91%	100%	98%	99%	97%
1	V6 PASILLO ESTE	62	90	Este	1,45	2,08	3,0			0,175		0,175	0,13				100%	93%	96%	89%	100%	96%	99%	96%
2	V7 ESTAR SUR	152	90	Sur	2,25	1,88	8,4	3,50	9,00			1,70	0,40				81%	100%	75%	61%				
2	V7 ESTAR NORTE	28	90	Norte	2,25	1,68	7,5	3,80	2,65			1,70	0,40			0%	44%	100%	100%	44%				
1	V8 ESTAR SUR	152	90	Sur	1,85	1,68	3,1	3,50	9,00	1,70		1,70	0,40				81%	64%	74%	38%				
1	V8 ESTAR NORTE	28	90	Norte	1,85	1,68	3,1	3,80	2,65			1,70	0,40			0%	44%	100%	100%	44%				
2	V9 ESTAR SUR	152	90	Sur	1,25	1,68	4,2	3,50	9,00			1,70	0,40				81%	100%	74%	60%				
2	V9 ESTAR NORTE	28	90	Norte	1,25	1,68	4,2	3,80	2,65			1,70	0,40			0%	44%	100%	100%	44%				
1	V10 ESTAR OESTE	245	90	Oeste	0,75	2,08	1,6													75%				
1	V11 ESTAR NORTE	28	90	Norte	1,05	1,68	1,8	3,80	2,65							0%	44%	100%	100%	44%	52%	100%	100%	0%
1	V12 PASILLO ESTE B	62	90	Este	0,10	2,08	0,2	7,00	3,00	0,25		0,25	0,125				29%	61%	94%	17%	36%	80%	98%	28%
1	V12 PASILLO ESTE A	62	90	Este	0,10	2,08	0,2	3,50	3,00	0,25		0,25	0,125				44%	61%	94%	25%	51%	80%	98%	40%
1	VP1 SALIDA	152	90	Sur	0,75	2,08	1,6			1,00		1,00	0,125				100%	59%	82%	48%	100%	61%	56%	35%

Edificio: **RESIDENCIA DE ANCIANOS EN CAMARZANA DE TERA**

Superficie de referencia energética A_{SRE}	m ²	546	(hoja 'Superficies')
Altura de la habitación h	m	2,50	
Volumen de aire interior ventilación ($A_{SRE} \cdot h$) = VV	m ³	1366	(Hoja 'Calefacción anual')

Tipo de sistema de ventilación

- Ventilación equilibrada tipo Passivhaus *Marque con una cruz*
- Sólo aire de extracción

Tasa de renovación de aire por infiltración

Coeficientes de protección al viento e y f		
Coeficiente e de clase de protección de viento	Varios lados expuestos al viento	Sólo un lado expuesto al viento
Sin protección de viento	0,10	0,03
Protección de viento moderada	0,07	0,02
Protección de viento alta	0,04	0,01
Coeficiente f	15	20

Coeficiente de protección de viento e	P/ demanda anual	P/ periodo calefacción:		
	0,10	0,25		
Coeficiente de protección de viento f	15	15	Volumen de aire neto para el ensayo de presión V_{n50}	Permeabilidad del aire q_{50}
Tasa renovación aire ensayo presión n_{50}	1/h	0,62	540 m ³	0,20 m ³ /(h·m ²)
Exceso de aire de extracción	P/ demanda anual	P/ periodo calefacción:		
	1/h	0,00		
Tasa renovación aire por infiltración $n_{V,Infiltración}$	1/h	0,024	0,061	

Selección de los datos de la ventilación - Resultados

El PHPP ofrece dos métodos posibles para la Planificación de los caudales de aire y la elección del aparato de ventilación. Con la Planificación estándar se puede calcular las renovaciones de aire para edificios residenciales y un aparato de ventilación como máximo. En la hoja 'Ventilación ad' se pueden considerar hasta 10 aparatos de ventilación. Los caudales de aire se pueden calcular por habitación o por zonas. Favor de seleccionar aquí el método de diseño.

- Aparato de ventilación / Eficiencia de recuperación de calor**
- Diseño estándar *(Hoja 'Ventilación', ver abajo)*
 - Aparatos de ventilación múltiples, NR *(Hoja 'Vent-Adicional')*

Renovación de aire media	Tasa de renovación de aire media	Exceso de aire de extracción Aparato extracción	Valor de eficiencia de RC efectiva Ap. de ventilación	Potencia específica	Valor de eficiencia de RC efectiva del ITA
m ³ /h	1/h	1/h	[-]	Wh/m ³	
417	0,31	0,00	72,9%	0,29	0,0%

Eficiencia del intercambiador tierra-aire (ITA)

η^*_{ITA}

DATOS ESTÁNDAR PARA VENTILACIÓN EQUILIBRADA

Dimensionado de la ventilación para sistemas con un solo aparato

Ocupación	m ² /pers.	30				
Cantidad de personas	P	18,0				
Aire de impulsión por persona	m ³ /(P*h)	30				
Demanda de aire de impulsión	m ³ /h	540				
Habitaciones de extracción de aire						
Cantidad						
Demanda de extracción de aire por habitación	m ³ /h	30	Baño	Baño (sólo ducha)	WC	DORMITORIOS
Demanda total de aire de extracción	m ³ /h	443	0	12	0	12
Caudal de aire de diseño (máx.)	m ³ /h	863				

Cálculo de la renovación de aire media

Tipos de operación	Horas diarias de funcionamiento h/d	Factores referenciados a Máximo	Caudal de aire m ³ /h	Renovación de aire 1/h
Máximo	2,0	1,00	863	0,63
Standard		0,40	345	0,25
Ventilacion básica	24,0	0,40	345	0,25
Minimum		0,40	345	0,25
		Valor medio	Renovación de aire media (m ³ /h)	Tasa de renovación de aire media (1/h)
			417	0,31

Selección de aparato de ventilación con recuperación de calor

<input checked="" type="checkbox"/>	Aparato en el interior de la envolvente térmica										
<input type="checkbox"/>	Aparato en el exterior de la envolvente térmica										
Orden: COMO EN LISTA											
Selección del aparato de ventilación	01ud ComfoAir350, ComfoD350, WHR930 - Zehnder										
	Ir a lista de aparatos de ventilación										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Eficiencia de RC efectiva Aparato η_{HR}</th> <th>Introducción de potencia específica [Wh/m³]</th> <th>Rango de aplicación [m³/h]</th> <th>Protección a la congelación necesaria</th> <th>Ruido del aparato < 35dB(A)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,84</td> <td>0,29</td> <td>71 - 293</td> <td>sí</td> <td>no</td> </tr> </tbody> </table>	Eficiencia de RC efectiva Aparato η_{HR}	Introducción de potencia específica [Wh/m ³]	Rango de aplicación [m ³ /h]	Protección a la congelación necesaria	Ruido del aparato < 35dB(A)	0,84	0,29	71 - 293	sí	no
Eficiencia de RC efectiva Aparato η_{HR}	Introducción de potencia específica [Wh/m ³]	Rango de aplicación [m ³ /h]	Protección a la congelación necesaria	Ruido del aparato < 35dB(A)							
0,84	0,29	71 - 293	sí	no							

Conductancia del ducto de aire de admisión Ψ	W/(mK)	0,428	Cálculo, ver abajo	
Longitud del ducto de aire de admisión	m	22,45		
Conductancia del ducto de aire de expulsión Ψ	W/(mK)	0,486	Cálculo, ver abajo	
Longitud del ducto de aire de expulsión	m	22,45		
Temp. del cuarto de instalaciones	°C		Temperatura interior (°C)	20
(Sólo introducir si el aparato está ubicado en el exterior de la envolvente térmica)			Temp. ext. media periodo calef. (°C)	7,3
			Temp. media superficie terreno (°C)	13,9

Valor efectivo de recuperación de calor $\eta_{HR,ef}$	72,9%	Ef. recuperación energía (humedad) η_{ERV}	90%
--	-------	---	-----

Eficiencia del Recuperador del intercambiador geotérmico

Eficiencia del intercambiador tierra-aire (ITA) η^*_{ITA}	
Eficiencia de recuperación de calor del ITA η_{ITA}	0%

Cálculo secundario

Valor- Ψ del conducto de aire de admisión o de impulsión

Diámetro interior:	160	mm
Espesor del aislamiento:	40	mm
¿Reflectante? ¡indicarlo con una 'x'!	<input checked="" type="checkbox"/>	Sí
	<input type="checkbox"/>	No
Conductividad térmica	0,037	W/(mK)
Caudal de aire nominal	345	m ³ /h
$\Delta\theta$	13	K
Diámetro exterior del tubo	0,160	m
Diámetro exterior	0,240	m
α -interior	19,39	W/(m ² K)
α -Superficie	2,72	W/(m ² K)
Valor- Ψ	0,428	W/(mK)
Diferencia de temp. Superficial	2,655	K

Cálculo secundario

Valor- Ψ del conducto de aire de expulsión o de extracción

Diámetro interior:	160	mm
Espesor del aislamiento:	40	mm
¿Reflectante? ¡indicarlo con una 'x'!	<input checked="" type="checkbox"/>	Sí
	<input type="checkbox"/>	No
Conductividad térmica	0,037	W/(mK)
Caudal de aire nominal	417	m ³ /h
$\Delta\theta$	13	K
Diámetro exterior del tubo	0,160	m
Diámetro exterior	0,240	m
α -interior	22,57	W/(m ² K)
α -Superficie	5,89	W/(m ² K)
Valor- Ψ	0,486	W/(mK)
Diferencia de temp. Superficial	1,392	K

